



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

**“DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN CON SISTEMAS
EMBEBIDOS DIGITALES PARA EL LABORATORIO DE MECATRÓNICA DE LA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO.”**

**VÍCTOR ELÍAS PÉREZ MAÑAY
FERNANDO FAVIÁN SANTILLÁN ARIAS**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

**RIOBAMBA – ECUADOR
2011**

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

f) Fernando Favián Santillán Arias

f) Víctor Elías Pérez Mañay

AGRADECIMIENTOS.

Primeramente a Dios por haber permitido culminar este logro importante.

El reconocimiento y agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento.

En especial al Ingeniero Pablo Montalvo Director de Tesis y al Ingeniero Marco Santillán Asesor de Tesis por su apoyo y tiempo dedicado al desarrollo del presente proyecto, a todos los profesores de la Escuela y compañeros. A todas las personas que directa o indirectamente ayudaron a la culminación de este objetivo.

VÍCTOR ELÍAS PÉREZ MAÑAY

FERNANDO FAVIÁN SANTILLÁN ARIAS

DEDICATORIAS

A Fernando mi papá que con su humildad me enseñó que no hay que mirar a nadie por debajo de uno pero tampoco hay que bajar la cabeza ante nadie y a Gloria mi mamá que con su perseverancia me enseñó que en los momentos de crisis se distingue a los grandes hombres, me han enseñado lo necesario para sobrevivir en este mundo valiéndome de mi propio esfuerzo y dedicación para alcanzar una meta, gracias por esperarme siempre con sus brazos abiertos y brindarme el más puro amor.

A Vanessa y Cristian mis hermanos por ser siempre los amigos incondicionales, gracias por estar conmigo durante mis penas y alegrías, antes de mis dichas y después de mis fracasos.

A todos los que un día me hicieron sentir el hombre más importante del mundo, perdón por no nombrarlos pero siempre los llevare en mi corazón.

A aquella personita que me enseñó que la vida vale más cuando se la vive con dignidad, gracias por los recuerdos más bellos de mi vida.

FFSA

A Dios por haberme dado en dicha de vivir y guiarme cada paso que doy.

A mi madre María por su infinito amor y confianza quien con su abnegación ha sido la inspiración para superarme y cada día ser mejor. A mi padre Víctor por su incansable esfuerzo y su apoyo en todas mis decisiones gracias por estar a mi lado.

A mis hermanos Isabel, Martha, Marco, María Luisa, Edgar y Edwin por transmitirme el deseo de superación y el apoyo en todo momento, a toda mi familia que me apoyaron para la consecución de este proyecto.

VEPM

TABLA DE CONTENIDOS

<u>CAPÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
1 GENERALIDADES.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
2 MARCO TEÓRICO	3
2.1 Señales digitales.....	3
2.1.1 Definición	3
2.1.2 Ventajas de las señales digitales	4
2.1.3 Inconvenientes de las señales digitales	4
2.2 Sistema digital.....	4
2.2.1 Sistema digital combinacional	5
2.2.2 Sistemas digitales secuenciales.....	6
2.2.3 Diferencia entre señales analógicas y señales digitales.....	6
2.3 Álgebra Boleana	7
2.3.1 Complementación o inversión	8
2.3.2 Suma lógica.....	8
2.3.3 Producto lógico	9
2.4 Sistemas SCADA.....	9
2.4.1 SCADA: Supervisory Control And Data Acquisition.....	9
2.4.2 Funciones principales del sistema SCADA	10
2.4.2.1 Esquema básico de un sistema de adquisición, supervisión y control.....	11
2.4.2.2 Requisitos	12
2.4.2.3 Módulos.....	12
2.4.2.4 Componentes hardware SCADA.....	13
2.4.2.5 Interface de comunicación.....	14
2.4.2.6 Ventajas del sistema SCADA.....	14
2.5 LabVIEW	14
2.5.1 Concepto	14
2.5.2 Instrumento virtual.....	15
2.5.3 Entorno LabVIEW	16
2.5.4 Flujo de datos.....	17
2.5.5 Sistemas de mediciones y procesamiento de señales con LabVIEW.....	18

2.6	Sistemas embebidos de la National Instruments	18
2.6.1	NI CompactRIO	18
2.6.1.1	Características de NI CompactRIO	19
2.6.1.2	La arquitectura CompactRIO	20
2.6.1.3	Módulos de E/S de la serie C	21
2.6.1.4	FPGA	21
2.6.1.5	Procesador en tiempo real	21
2.6.1.6	NI CompactRIO 9074	22
2.6.1.7	Prestaciones y flexibilidad.....	23
2.6.1.8	Áreas de aplicación	24
2.6.2	NI 9401 módulo bidireccional de E/S digitales de alta velocidad.....	25
2.6.2.1	Información general	26
2.6.2.2	Especificaciones del módulo bidireccional de E/S digitales NI 9401	26
2.6.3	NI 9472 módulo de salida digital de 8 canales, lógica de 24 V y 100 μ s.....	27
2.6.3.1	Información general	28
2.6.3.2	Especificaciones del módulo NI 9472 de salida digital de 8 canales	28
2.6.4	NI 9474 módulo de salida digital de 8 canales de 5 a 30 V y 1 μ s	30
2.6.4.1	Información general	30
2.6.4.2	Especificaciones NI 9474 módulo de salida digital de 8 canales de 5 a 30 V y 1 μ s	31
2.6.5	NI 9423 módulo de entrada digital de 8 canales, hasta 30 V, 1 μ s	32
2.6.5.1	Información general	33
2.6.5.2	Especificaciones del módulo NI 9423 de entrada digital de 8 canales, hasta 30 V, 1 μ s	33
2.6.6	NI 9421 módulos de entrada digital de 8 canales, lógica de 24 V y 100 μ s.....	34
2.6.6.1	Información general	34
2.6.6.2	Especificaciones del módulo NI 9421 de entrada digital de 8 canales	35
2.7	Adquisición de datos.....	36
2.8	Control monitoreo y análisis de datos.....	38
2.9	Instrumentación	41
2.9.1	Señales analógicas y digitales	42
2.9.2	Comunicación digital.....	42
2.9.3	Medios de transmisión	43
2.9.4	Los cables trenzados (Twisted Cable).....	43
2.9.5	Los cables coaxiales.....	44
2.9.6	Los cables de fibra óptica	44
2.10	Semáforo.....	45
2.10.1	Elección de colores	45
2.10.2	Componentes	46
2.10.3	Semáforos actuales	46

2.11	Motores de corriente continua.....	48
2.11.1	Rotor	50
2.11.2	Estator	51
2.11.3	Armazón	51
2.11.4	Imán permanente.....	51
2.11.5	Escobillas	51
2.12	Motor paso a paso	52
2.12.1	Principio de funcionamiento	53
2.12.1.1	Secuencias para manejar motores paso a paso unipolares.....	55
2.12.2	Secuencia para manejar motores paso a paso bipolares.	58
2.12.3	Características comunes de los motores P-P	58
2.13	Maquina de estados.....	58
2.14	Control PWM.....	60
2.14.1	Funcionamiento del PWM	60
3	DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN Y MONITOREO CON SEÑALES DIGITALES	62
3.1	Elaboración del programa de medición y monitoreo.	62
3.1.1	Instalación del software LabVIEW 9.0 versión 2009	62
3.1.2	Instalación del controlador o driver NI CompactRIO	63
3.1.3	Configuración de la interfaz de comunicación entre la PC Y el módulo NI CompactRIO 9074.....	63
3.1.4	Diseño de aplicaciones SCADA con LabVIEW.....	65
3.2	Montaje de equipos y sensores.....	67
3.2.1	Instalación de módulos de la serie C en el chasis NI CompactRIO 9074	68
3.3	Montaje del circuito electrónico	69
3.4	Control de tráfico vehicular a escala	70
3.4.1	Control del semáforo.....	70
3.4.2	Control de velocidad PWM para motores C.C (Carros).	71
3.4.3	Control de circulación de los carros con el semáforo	72
3.4.4	Control de alumbrado	73
3.4.5	Control de presencia	74
3.5	Control de un motor paso a paso.....	74
3.6	Desarrollo de los programas en LabVIEW	75
3.6.1	Sistema automático de semáforos	77
3.6.2	Control de velocidad PWM para motores C.C (carros) en sincronización con el semáforo	77
3.6.3	Control de alumbrado	78
3.6.4	Control de semáforo con los sensores de presencia y finales de carrera.....	78
3.6.5	Control del motor paso a paso.....	79

4	MANUAL Y GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	80
4.1	Elaboración de guía de prácticas.....	80
4.2	Práctica 1: Control de tráfico vehicular a escala	80
4.3	Práctica 2: Control de un motor paso a paso.....	88
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	92
5.1	Conclusiones	92
5.2	Recomendaciones	92

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

<u>TABLA</u>		<u>PÁGINA</u>
2.1	COMPLEMENTACIÓN	8
2.2	SUMA LÓGICA	8
2.3	PRODUCTO LÓGICO	9
2.4	ESPECIFICACIONES NI CompactRIO 9074.....	22
2.5	ESPECIFICACIONES DEL MÓDULO NI 9401	26
2.6	ESPECIFICACIONES DEL MÓDULO NI 9472.....	28
2.7	ESPECIFICACIONES DEL MÓDULO 9474.....	31
2.8	ESPECIFICACIONES DEL MÓDULO NI 9423.....	33
2.9	ESPECIFICACIONES DEL MÓDULO NI 9421	35
2.10	ESTRUCTURA DE UN MOTOR C.C.....	49
2.11	SECUENCIA MOTOR P-P UNIPOLAR.....	55
2.12	SECUECIA DE PASO COMPLETO	56
2.13	SECUENCIA DE MEDIO PASO	57
2.14	SECUENCIA PARA MANEJAR MOTORES P-P BIPOLARES.....	58
4.1	ESTADOS DE LOS SEMÁFOROS.....	81
4.2	FUNCIONAMIENTO DEL LAS PISTAS CON EL SEMÁFORO.....	82

LISTA DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>	PÁGINA
2.1 Señal digital.....	3
2.2 Circuito lógico.....	5
2.3 Diferencia entre señales analógicas y señales digitales	6
2.4 Variables lógicas	7
2.5 Base de contactos o conmutadores	7
2.6 Suma lógica.....	8
2.7 Producto lógico.....	9
2.8 Esquema de los elementos de un sistema SCADA.....	11
2.9 Ejemplo de interfaz de operario	12
2.10 Componentes de un hardware SCADA	13
2.11 Esquema de conexión de equipos e interfaz de comunicación.....	14
2.12 Panel frontal y diagrama de bloque de LabVIEW	15
2.13 Paletas de función y control de LabVIEW	17
2.14 NI CompactRIO	18
2.15 Módulos de E/S de la serie C	20
2.16 Arquitectura del CompactRIO.....	21
2.17 NI CompactRIO 9074.....	22
2.18 Módulo NI 9401	25
2.19 Módulo NI 9472	27
2.20 Módulo NI 9474	30
2.21 Módulo NI 9423	32
2.22 Módulo NI 9421	34
2.23 Instrumentación	41
2.24 Cable trenzado.....	44
2.25 Cables coaxiales	44
2.26 Cables de fibra óptica	45
2.27 Semáforo	45
2.28 Semáforos actuales	46
2.29 Motor de corriente continua	48
2.30 Rotor y estator	49
2.31 Rotor C.C	50
2.32 Imán permanente	51
2.33 Motor paso a paso.....	52
2.34 Bobinas de un motor P-P de reluctancia variable	53
2.35 Rotor de imán permanente	54
2.36 Bobinas del estator.....	54
2.37 Bobinas motor P-P Bipolar	54
2.38 Bobinas motor P-P Unipolar	55
2.39 Diagrama de estados	59
2.40 Diagrama de bloques de una máquina de estados	59
2.41 Señal PWM que se le ha cambiado el ciclo de trabajo	60

2.42	Control de velocidad con el PWM al 50%	60
2.43	Control de velocidad con el PWM al 20%	61
3.1	Pantalla de presentación LabVIEW 2009	62
3.2	Pantalla principal LabVIEW 2009.....	63
3.3	NI-RIO Measurement & Automation Explorer.....	63
3.4	Configuración CompactRIO-PC.....	64
3.5	Configuración direccion IP	64
3.6	Interface CompactRIO-PC (paso1).....	65
3.7	Interface CompactRIO-PC (paso2).....	65
3.8	Interface CompactRIO-PC (paso3).....	66
3.9	Interface CompactRIO-PC (paso4).....	66
3.10	Interface CompactRIO-PC (paso5).....	67
3.11	Interface CompactRIO-PC (paso6).....	67
3.12	Instalación de módulos de la serie C en chasis NI-CompactRIO 9074	68
3.13	Módulos de la serie C en el chasis NI CompactRIO 9074.....	69
3.14	Conexión CompactRIO-PC.....	69
3.15	Circuito electrónico	70
3.16	Conexión módulos de salidas digitales-semáforos	71
3.17	Conexión módulo de salidas digitales-pistas.....	72
3.18	Conexión módulo de entradas digitales-finales de carrera.....	73
3.19	Conexión fotoceldas y LEDs a los módulos NI	73
3.20	Conexión módulo de entradas digitales Sensores QRD.....	74
3.21	Conexión módulo de salidas digitales-motor P-P.....	74
3.22	Panel frontal control de tráfico vehicular a escala.....	75
3.23	Panel frontal control del motor P-P	76
3.24	Diagrama de bloques del semáforo.....	77
3.25	Diagrama de bloques del control PWM de velocidad motores C.C	77
3.26	Diagrama de bloques control PID de alumbrado.....	78
3.27	Control de semáforo con sensores de presencia y finales de carrera	78
3.28	Control de motor P-P	79
4.1	Panel frontal generación de reportes.....	86
4.2	Diagrama de bloques generación de reportes.....	87
4.3	Conexión bobinas de un motor P-P unipolar.....	89
4.7	Conexión bobinas de un motor P-P bipolar	89

LISTA DE ABREVIACIONES

H	High
L	Low
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
PC	Personal Computer
HMI	Human Machine Interface
MTU	Master Terminal Unit
RTU	Remote Terminal Unit
LabVIEW	Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench
FFT	Fast Fourier transform
TDH	Total Distorsion Harmonic
VI	Virtual Isntrument
RF	Radio Frecnuencia
FPGA	Field Programmable Gate Array
NI	National Instrument
EMC	Electromagnetic Compatibility
VDC	Volts of continuous current
RIO	Reconfigurable Input Output
PID	Proportional–integral–Derivative controller
DMA	Direct Memory Access
VHDL	Very High Speed Integrated Circuit
MB	MegaByte
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
FTP	File Transfer Protocol
NVH	Noise Vibration Harshness
LED	Light-Emitting Diode
DAQ	Data acquisition
OPC	Object Process Control
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
PWM	Pulse-width modulation
PP	Paso a paso
QRD	Quadratic Residue Difusor
LDR	Light Dependent Resistor
UTP	Unshielded Twisted Pair

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: QRD 1114

ANEXO 2: TIP 142

ANEXO 3: Pista de la tarjeta electrónica

RESUMEN

En la tesis titulada “DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MEDICION CON SISTEMAS EMBEBIDOS DIGITALES PARA EL LABORATORIO DE MECATRONICA DE LA FACULTAD DE MECANICA” se presenta el diseño de un sistema SCADA con la aplicación del equipo CompactRIO de la National Instruments que puede albergar ocho módulos basados en la tecnología de entradas y salidas reconfigurables e intercambiables que permiten adquirir señales analógicas y digitales directamente ya que estos tienen la capacidad de acondicionar las señales para que puedan ser leídas y procesadas por el chasis.

En los módulos de señales digitales se puede configurar la dirección de las líneas digitales para entrada o salida. De esta manera, se programó las siguientes configuraciones: entradas digitales en el módulo NI 9423, salidas digitales en el módulo NI 9472 o entradas y salidas digitales con el módulo bidireccional NI 9401. Con la tecnología de E/S reconfigurables se utilizó LabVIEW para programar e implementar protocolos de comunicación digital.

Para la elaboración de las prácticas de medición de señales digitales se realizó un sistema de tráfico vehicular a escala, la primera parte consta de un semáforo para cuatro vías que da prioridad al paso de vehículos de emergencia y al cruce de peatones diseñado mediante máquina de estados, para la segunda parte se utilizó una pista de carreras la misma que se modificó de tal manera que simula un cruce de dos vías en cuatro direcciones en la que se controla la velocidad de motores de corriente continua de los carros de juguete a través del control PWM, para la tercera parte se realizó el control PID de iluminación de la pista. También se realizó el control de velocidad, posición y sentido de giro en un motor paso a paso; la programación se realizó en el software LabVIEW.

Estas prácticas nos permitieron adquirir los conocimientos acerca de los controles PID, PWM, el control con máquina de estado, programados en el software LabVIEW y aplicados en el equipo CompactRIO, demostrando ser fiables por lo cual se pueden aplicar a sistemas reales.

SUMMARY

CAPÍTULO I

1 GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

La necesidad y el continuo adelanto en el desarrollo de software e implementación de equipos con nuevas tecnologías que van orientadas hacia la automatización de los diferentes procesos industriales para tener una mayor integración e interacción entre los datos implicados en las diferentes etapas del proceso se busca tener una información más precisa y en tiempo real, con el fin de llamar la atención que sea requerida y la intervención del operador en el proceso de monitoreo y control de estas variables.

La Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH actualmente cuenta con un laboratorio de Mecatrónica dónde se encuentran equipos automatizados con los que los estudiantes realizan sus prácticas de automatización.

Además la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento cuenta con las licencias del software de entorno gráfico LabVIEW, que por su estructura cuenta con características funcionales aplicables a sistemas reales y también la simulación del mismo para poder probar el correcto funcionamiento del programa y realizar una primera depuración de este sin siquiera contar con el autómeta.

Considerando el avance tecnológico de los procesos industriales, hemos visto conveniente implementar el laboratorio con sistemas embebidos que son ideales para una variedad de aplicaciones, de registros industriales y portátiles que requieren de una solución autónoma, con esto se logrará brindar conocimiento científico y tecnológico para contribuir al desarrollo integral de los estudiantes.

1.2 Justificación

La Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo actualmente cuenta con un laboratorio de Mecatrónica, sabiendo que el desarrollo de la tecnología avanza a pasos agigantados, surge la necesidad de actualizar el sistema modular basado en tecnología de PAC's, equipos de control, monitoreo y automatización, en los cuales se pueden programar y personalizar todos los registradores de datos con las herramientas gráficas fáciles de usar de LabVIEW para incluir funciones como procesamiento y análisis de señal, filtrado digital, toma de decisiones y registro en disco que permita al estudiante de la Facultad de Mecánica y sus diversas escuelas estar a la altura de los requerimientos del sector productivo de

nuestro país que se encuentra en un proceso de adquisición y desarrollo tecnológico.

Los sistemas embebidos de medición y monitoreo CompactRIO permitirán al estudiante de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento conocer, manipular, monitorear procesos industriales basados en los módulos de E/S digitales para cualquier chasis NI CompactRIO, en el cual se puede configurar la dirección de las líneas digitales para entrada o salida. De esta manera, se puede programar para las siguientes configuraciones: entradas digitales, salidas digitales o entradas y salidas digitales con el módulo bidireccional. Con la tecnología de E/S reconfigurables se puede usar LabVIEW para programarlo e implementar, a la medida, contadores, temporizadores de alta velocidad, protocolos de comunicación digital, generación de pulso y mucho más.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar un sistema de medición con sistemas embebidos digitales para el Laboratorio de Mecatrónica de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar las características del software para la adquisición de señales digitales.
- Determinar las características del hardware para el monitoreo y análisis de señales digitales.
- Identificar y analizar el campo de aplicación de los sistemas de medición y monitoreo de señales digitales.
- Implantar un sistema embebido de medición y monitoreo de señales digitales utilizando el sistema NI cRIO y el software de desarrollo de sistemas gráficos LabVIEW en el laboratorio de Mecatrónica.
- Desarrollar un manual y guía práctica de operación para el sistema de monitoreo y medición de señales digitales.
- Donar los módulos de señales digitales NI 9401, NI 9472 y NI 9423 para el laboratorio de Mecatrónica de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Señales digitales

2.1.1 Definición

La señal digital es un tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético en que cada signo que codifica el contenido de la misma puede ser analizado en término de algunas magnitudes que representan valores discretos, en lugar de valores dentro de un cierto rango. Por ejemplo, el interruptor de la luz solo puede tomar dos valores o estados: abierto o cerrado, o la misma lámpara: encendida o apagada. Esto no significa que la señal físicamente sea discreta ya que los campos electromagnéticos suelen ser continuos, sino que en general existe una forma de discretizarla unívocamente.

Los sistemas digitales, como por ejemplo el ordenador, usan lógica de dos estados representados por dos niveles de tensión eléctrica, uno alto, H y otro bajo, L (de *High* y *Low*, respectivamente, en inglés). Por abstracción, dichos estados se sustituyen por ceros y unos, lo que facilita la aplicación de la lógica y la aritmética binaria. Si el nivel alto se representa por 1 y el bajo por 0, se habla de lógica positiva y en caso contrario de lógica negativa.

Cabe mencionar que, además de los niveles, en una señal digital están las transiciones de alto a bajo y de bajo a alto, denominadas flanco de bajada y de subida, respectivamente. En la figura se muestra una señal digital donde se identifican los niveles y los flancos. En la figura 2.1 se indica los niveles de una señal digital 1) Nivel bajo, 2) Nivel alto, 3) Flanco de subida y 4) Flanco de bajada.

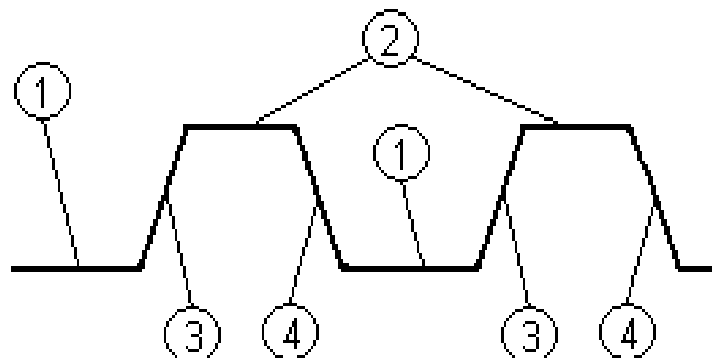


Figura 2.1: Señal digital.

Es conveniente aclarar que, a pesar de que en los ejemplos señalados el término digital se ha relacionado siempre con dispositivos binarios, no significa que digital y binario sean términos intercambiables. Por ejemplo, si nos fijamos en el código Morse, veremos que en él se utilizan, para el envío de mensajes por telégrafo eléctrico, cinco estados digitales, que son: punto, raya, espacio corto (entre letras), espacio medio (entre palabras) y espacio largo (entre frases).

2.1.2 Ventajas de las señales digitales

- Ante la atenuación (pérdida de potencia de una señal), puede ser amplificada y reconstruida al mismo tiempo, gracias a los sistemas de regeneración de señales.
- Cuenta con sistemas de detección y corrección de errores, en la recepción.
- Facilidad para el procesamiento de la señal. Cualquier operación es fácilmente realizable a través de cualquier software de edición o procesamiento de señal.
- Las señales digitales se ven menos afectadas a causa del ruido ambiental en comparación con las señales analógicas.

2.1.3 Inconvenientes de las señales digitales

- Necesita una conversión analógica-digital previa y una decodificación posterior al momento de la recepción.
- Pérdida de calidad del muestreo.
- Requiere una sincronización precisa entre los tiempos del reloj del transmisor con respecto a los del receptor.
- La señal digital requiere mayor ancho de banda que la señal analógica para ser transmitida.
- Respecto al instrumental de vídeo y sonido, las máquinas digitales muestran una calidad inferior a las analógicas.

2.2 Sistema digital

Es un conjunto de dispositivos destinados a la generación, transmisión, procesamiento o almacenamiento de señales digitales. También un sistema digital es una combinación de dispositivos diseñados para manipular cantidades físicas o información que estén representadas en forma digital; es

decir, que sólo puedan tomar valores discretos.

Para el análisis y la síntesis de sistemas digitales binarios se utiliza como herramienta el álgebra de Boole.

La mayor parte de los sistemas digitales a gran escala, tales como calculadoras, procesadores de datos, control o sistemas de comunicaciones digitales, solo existen pocas operaciones básicas que deben realizarse un gran número de veces.

Los circuitos más empleados para tales fines son: O (OR), Y (AND), NO (NOT) y BIESTABLE (FLIP-FLOP).

Dichos circuitos se denominan puertas o circuitos lógicos por que se emplean en las ecuaciones de álgebra de Boole. Esta álgebra fue inventada para obtener un sistema de análisis matemático de la lógica (Es la capacidad que tienen los circuitos digitales para tomar decisiones a partir de señales eléctricas que representan proposiciones verdaderas o falsas).

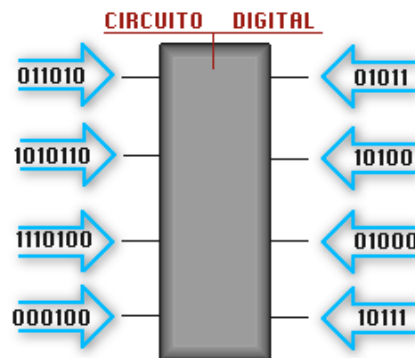


Figura 2.2: Circuito lógico.

2.2.1 Sistema digital combinacional

Se denomina sistema combinacional o lógica combinacional a todo sistema digital en el que sus salidas son función exclusiva del valor de sus entradas en un momento dado, sin que intervengan en ningún caso estados anteriores de las entradas o de las salidas. Las funciones (OR, AND, NAND, XOR) son booleanas donde cada función se puede representar en una tabla de la verdad. Por tanto, carecen de memoria y de retroalimentación.

En electrónica digital la lógica combinacional está formada por ecuaciones simples a partir de las operaciones básicas del álgebra de Boole.

2.2.2 Sistemas digitales secuenciales

Son aquellos en los que sus salidas dependen además del estado de sus entradas en un instante dado, de estados previos. Esta clase de sistemas necesitan elementos de memoria que recojan la información de instantes anteriores del sistema.

Para la implementación de los circuitos digitales, se utilizan puertas lógicas (AND, OR y NOT), construidas generalmente a partir de transistores. Estas puertas siguen el comportamiento de algunas funciones booleanas.

2.2.3 Diferencia entre señales analógicas y señales digitales

Las señales eléctricas pueden clasificarse en dos grandes grupos: señales analógicas y señales digitales.

- Señales analógicas son aquellas que, a lo largo del tiempo, varían entre dos valores máximo y mínimo pudiendo adquirir valores intermedios.
- Señales digitales son aquellas que solamente pueden adoptar dos valores uno máximo y otro mínimo pero jamás pueden adquirir valores intermedios.

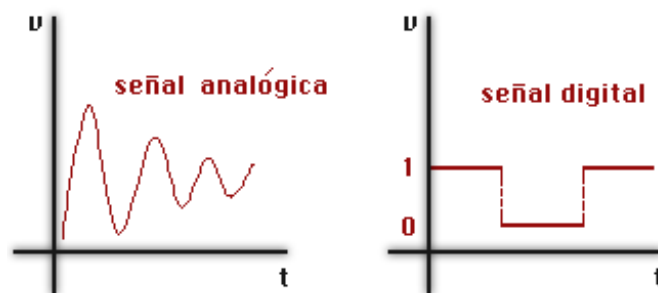


Figura 2.3: Diferencia entre señales analógicas y señales digitales.

A las señales digitales se les denomina variables lógicas o de Boole. Los valores que pueden adoptar estas variables se representan por los símbolos cero y uno.

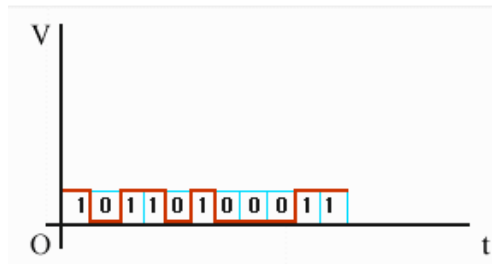


Figura 2.4: Variables lógicas.

2.3 Álgebra Booleana

La herramienta fundamental para el análisis y diseño de circuitos digitales es el álgebra Booleana. Esta álgebra es un conjunto de reglas matemáticas (similares en algunos aspectos al álgebra convencional), pero que tienen la virtud de corresponder al comportamiento de circuitos basados en dispositivos de conmutación (interruptores, relés, transistores, etc).

Cuando trabajamos en ingeniería, utilizamos ecuaciones y modelos matemáticos que describen lo que estamos diseñando o analizando. Álgebra de Boole es el conjunto de reglas y operaciones que solamente utilizan variables binarias:

Solo son imprescindibles tres operaciones básicas:

- Complementación o inversión.
- Suma lógica
- Producto lógico.

Para facilitar la comprensión del álgebra de Boole se representa a continuación un símbolo a base de contactos o conmutadores.

Un contacto abierto		será entendido como 0.
Un contacto cerrado		será entendido como 1.
Un contacto abierto		será entendido como a.
Un contacto cerrado		será entendido como ā.

Figura 2.5: Base de contactos o conmutadores.

2.3.1 Complementación o inversión

La complementación aplicada a cualquier variable da lugar al estado contrario de lo que representa.

Tabla 2.1: COMPLEMENTACIÓN

Valor variable (a)	Valor complementada (\bar{a})
0	1
1	0

2.3.2 Suma lógica.

Sumar lógicamente dos variable **a** y **b** es formar una expresión **a+b** que cumpla:

- a. Si toda o cualquiera de las variables **a** o **b** es **1**, el resultado será **1**.
- b. El resultado será **0** si ambas variables valen **0**.

Tabla 2.2: SUMA LÓGICA.

a	b	a+b
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

En el caso de la suma lógica el símil es una conexión el paralelo de contactos, de tal forma que la bombilla se enciende en el caso de que cualquiera de los dos contactos **a** o **b** se encuentren cerrados.

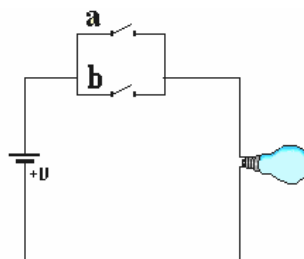


Figura 2.6: Suma lógica.

2.3.3 Producto lógico

Multiplicar lógicamente dos variables **a** y **b** es formar una expresión del tipo **a.b** que cumpla las siguientes reglas:

- a. Si todas o cualquiera de las variables **a** o **b** valen **0**, el resultado será **0**.
- b. El resultado será **1**, solamente si ambas variables valen **1**.

Tabla 2.3: PRODUCTO LÓGICO.

a	b	a.b
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Para representar el producto lógico también recurrimos a los contactos pero en este caso a la asociación en serie, de tal forma que la lámpara solo se encenderá en el caso de que ambos contactos se encuentren cerrados.

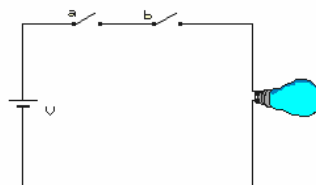


Figura 2.7: Producto lógico.

2.4 Sistemas SCADA

2.4.1 SCADA: Supervisory Control And Data Acquisition

Es una aplicación de software para el control de producción industrial, que se comunica con los dispositivos de campo y controla el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador.

Proporciona información del proceso a diversos usuarios: operadores, supervisores de control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc.

Los sistemas de interfaz entre usuario y planta basados en paneles de control con de indicadores luminosos, instrumentos de medida y pulsadores, están siendo sustituidos por sistemas digitales que implementan el panel sobre la pantalla de un ordenador.

El control directo lo realizan los controladores autónomos digitales y/o autómatas programables y están conectados a un ordenador que realiza las funciones de diálogo con el operador, tratamiento de la información y control de la producción, utilizando el SCADA.

2.4.2 Funciones principales del sistema SCADA

Supervisión remota de instalaciones y equipos: Permite al operador conocer el estado de desempeño de las instalaciones y los equipos alojados en la planta, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas.

Control remoto de instalaciones y equipos: Mediante el sistema se puede activar o desactivar los equipos remotamente (por ejemplo abrir válvulas, activar interruptores, prender motores, etc.), de manera automática y también manual. Además es posible ajustar parámetros, valores de referencia, algoritmos de control, etc.

Procesamiento de datos: El conjunto de datos adquiridos conforman la información que alimenta el sistema, esta información es procesada, analizada, y comparada con datos anteriores, y con datos de otros puntos de referencia, dando como resultado una información confiable y veraz.

Visualización gráfica dinámica: El sistema es capaz de brindar imágenes en movimiento que representen el comportamiento del proceso, dándole al operador la impresión de estar presente dentro de una planta real. Estos gráficos también pueden corresponder a curvas de las señales analizadas en el tiempo.

Generación de reportes: El sistema permite generar informes con datos estadísticos del proceso en un tiempo determinado por el operador.

Representación de señales de alarma: A través de las señales de alarma se logra alertar al operador frente a una falla o la presencia de una condición perjudicial o fuera de lo aceptable. Estas señales pueden ser tanto visuales como sonoras.

Almacenamiento de información histórica: Se cuenta con la opción de almacenar los datos adquiridos, esta información puede analizarse posteriormente, el tiempo de almacenamiento dependerá

del operador o del autor del programa.

Programación de eventos: Esta referido a la posibilidad de programar subprogramas que brinden automáticamente reportes, estadísticas, gráfica de curvas, activación de tareas automáticas, etc.

Además, todas estas acciones se llevan a cabo mediante un paquete de funciones que incluye zonas de programación en un lenguaje de uso general como LabVIEW, lo cual confiere una potencia muy elevada y una gran versatilidad.

2.4.2.1 Esquema básico de un sistema de adquisición, supervisión y control.

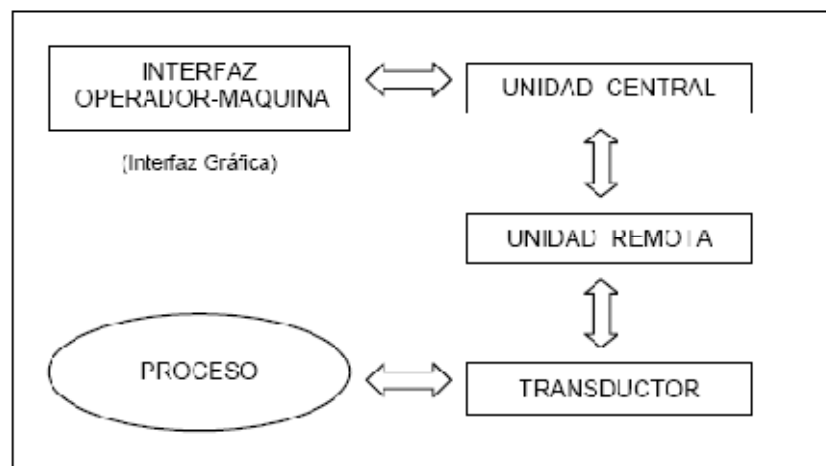


Figura 2.8: Esquema de los elementos de un sistema SCADA.

- ❖ **Adquisición de datos**, para recoger, procesar y almacenar la información recibida.
 - **Supervisión**, para observar desde un monitor la evolución de las variables de control.
 - **Control**, para modificar la evolución del proceso, actuando bien sobre los reguladores autónomos básicos (consignas, alarmas, menús, etc.) bien directamente sobre el proceso mediante las salidas conectadas.
- ❖ **Transmisión**. De información con dispositivos de campo y otros PC.
 - **Base de datos**. Gestión de datos con bajos tiempos de acceso.
 - **Presentación**. Representación gráfica de los datos. Interfaz del Operador o HMI (Human Machine Interface).

- **Explotación.** De los datos adquiridos para gestión de la calidad, control estadístico, gestión de la producción y gestión administrativa y financiera.

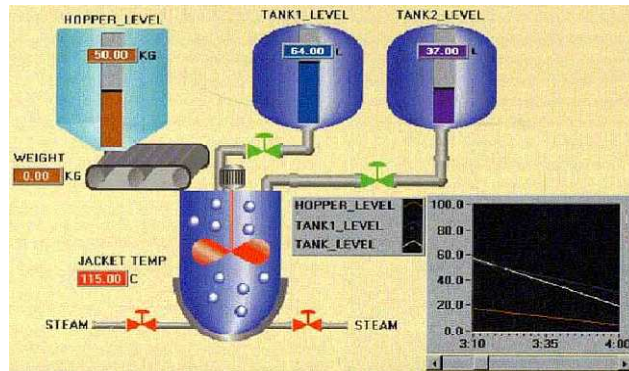


Figura 2.9: Ejemplo de interfaz de operario.

2.4.2.2 Requisitos

Un SCADA debe cumplir varios objetivos:

- Deben ser sistemas de arquitectura abierta, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Deben comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo de planta y con el resto de la empresa (redes locales y de gestión).
- Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables con el usuario.

2.4.2.3 Módulos

Los módulos o bloques software son los siguientes:

- Configuración.
- Interfaz gráfico del operador.
- Módulo de proceso.
- Gestión de archivo de datos.
- Comunicación.

Configuración: permite al usuario definir el entorno de trabajo de su SCADA, adaptándolo a la aplicación particular que se desea desarrollar.

Interfaz gráfico del operador: proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta. El proceso se representa mediante sinópticos gráficos.

Módulo de proceso: ejecuta las acciones de mando preprogramadas a partir de los valores actuales de variables leídas. La programación se realiza por medio de bloques de programa en lenguaje de alto nivel (como C, Basic, etc.).

Gestión y archivo de datos: se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.

Comunicaciones: se encarga de la transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el SCADA, y entre ésta y el resto de elementos informáticos de gestión.

2.4.2.4 Componentes hardware SCADA

Un SCADA está formado por:

- **Ordenador Central** o MTU (Master Terminal Unit).
- **Ordenadores Remotos** o RTU's (Remote Terminal Units).
- **Red de comunicación.**
- **Instrumentación de campo.**

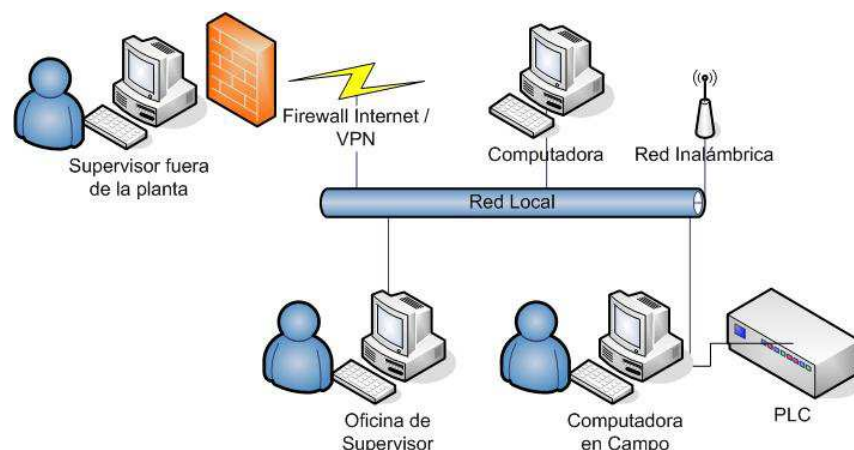


Figura 2.10: Componentes de un hardware SCADA.

2.4.2.5 Interface de comunicación

Permite al PC acceder a los dispositivos de campo.

Drivers Específicos. Utilizar el driver específico al bus de campo.

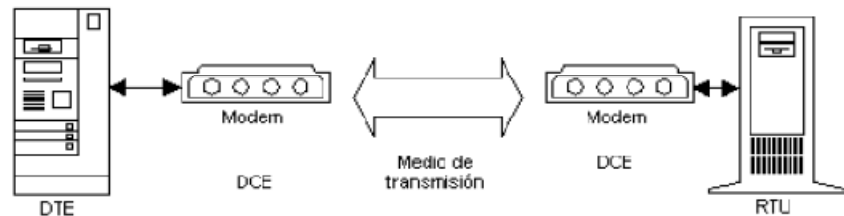


Figura 2.11: Esquema de conexión de equipos e interfaz de comunicación.

2.4.2.6 Ventajas del sistema SCADA

- Cantidad y calidad de información que proporciona sobre el proceso productivo.
- Su forma de presentación de dicha información para facilitar la toma de decisiones.
- Facilita y permite cambios en los patrones de producción.
- Flexibilidad para la ampliación y modernización gradual de procesos.
- Gran poder de conectividad con elementos de control de distintas generaciones y procedencias.
- Bajo coste y altas prestaciones.
- Facilitan la operación y el mantenimiento.

2.5 LabVIEW

2.5.1 Concepto

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es un lenguaje de programación gráfico para el diseño de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control. LabVIEW permite diseñar interfaces de usuario mediante una consola interactiva basada en software. Nosotros podemos diseñar especificando un sistema funcional, un diagrama de bloques o una notación de diseño de ingeniería.

LabVIEW es a la vez compatible con herramientas de desarrollo similares y puede trabajar con

programas de otra área de aplicación, como por ejemplo Matlab. Tiene la ventaja de que permite una fácil integración con hardware, específicamente con tarjetas de medición, adquisición y procesamiento de datos (incluyendo adquisición de imágenes).

LabVIEW tiene su mayor aplicación en sistemas de medición, como monitoreo de procesos y aplicaciones de control, un ejemplo de esto pueden ser sistemas de monitoreo en transportación, Laboratorios para clases en universidades, procesos de control industrial. LabVIEW es muy utilizado en procesamiento digital de señales (wavelets, FFT, Total Distorsion Harmonic TDH), procesamiento en tiempo real de aplicaciones biomédicas, manipulación de imágenes y audio, automatización, diseño de filtros digitales, generación de señales, entre otras, etc.

2.5.2 Instrumento virtual

Cuando se diseñan programas con LabVIEW se está trabajando siempre bajo algo denominado VI, es decir, un instrumento virtual, se pueden crear VI a partir de especificaciones funcionales que usted diseñe. Este VI puede utilizarse en cualquier otra aplicación como una subfunción dentro de un programa general. Los VI's se caracterizan por: ser un cuadrado con su respectivo símbolo relacionado con su funcionalidad, tener una interfaz con el usuario, tener entradas con su color de identificación de dato, tener una o varias salidas y por su puesto ser reutilizables.

En el ambiente de trabajo de Labview existen dos paneles, el panel frontal y el panel de programación ó diagrama de bloques; en el panel frontal se diseña la interfaz con el usuario y en el panel de programación se relacionan los elementos utilizados en la interfaz mediante operaciones que determinan en sí como funciona el programa o el sistema, exactamente es la parte donde se realizan las especificaciones funcionales.

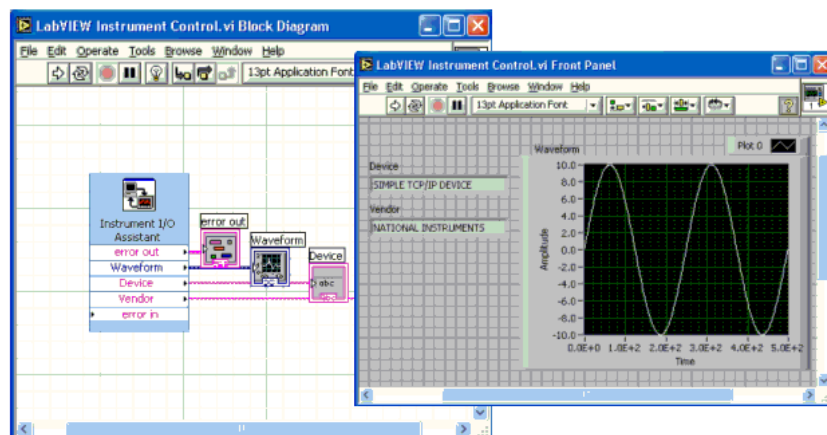


Figura 2.12: Panel frontal y diagrama de bloque de LabVIEW.

En el panel de programación usted puede diseñar de manera gráfica y como si fuera un diagrama de bloques el funcionamiento de su sistema. La programación gráfica se basa en la realización de operaciones mediante la asignación de iconos que representen los datos numéricos e iconos que representan los procedimientos que deben realizar los (VI's), con estos iconos y mediante una conexión simple como lo es una línea recta se enlazan para determinar una operación y/o una función. Al diseñar el programa de forma gráfica, se hace visible una programación orientada al flujo de datos, donde se tiene una interpretación de los datos también de forma gráfica, por ejemplo un dato booleano se caracteriza por ser una conexión verde, cada tipo de dato se identifica con un color diferente dentro de LabVIEW; también es necesario tener en cuenta que cuando se realiza una conexión a un VI esta conexión se identifica por un tipo de dato específico, que debe coincidir con el tipo de dato de la entrada del VI (aunque esto no necesariamente es cierto ya que puede haber varios tipos de datos conectados de VI a VI, además de que un arreglo de datos ``cluster`` puede albergar varios tipo de variables) permitiendo una concordancia en el flujo de datos; no siempre el tipo de dato de la entrada del VI es el mismo que el de la salida, pero sin embargo para la mayoría de los casos si se cumple.

El flujo de datos va de izquierda a derecha en el panel de programación y está determinado por las operaciones o funciones que procesan los datos. Es fácil observar en el panel de programación como se computan los datos en cada parte del programa cuando se realiza una ejecución del programa paso a paso. En LabVIEW las variables se representan mediante una figura tanto en el panel frontal como en el panel de programación, de esta forma se puede observar su respuesta en la interfaz del usuario y en el flujo de datos del código del programa. Otros objetos como gráficas y accesos directos a páginas web cumplen estas mismas condiciones.

2.5.3 Entorno LabVIEW

La programación G (gráfica) de LabVIEW consta de un panel frontal y un panel de código como se mencionó antes. En el panel frontal es donde se diseña la interface de usuario y se ubican los controles e indicadores. En el panel de código se encuentran las funciones. Cada control que se utiliza en la interfaz tiene una representación en el panel de código, igualmente los indicadores necesarios para entregar la información procesada al usuario tienen un icono que los identifica en el panel de código o de programación. Los controles pueden ser booleanos, numéricos, strings, un arreglo matricial de estos o una combinación de los anteriores; y los indicadores pueden ser como para el caso de controles pero pudiéndolos visualizar como tablas, gráficos en 2D o 3D, browser, entre otros.

Las funciones pueden ser VI's prediseñados y que pueden ser reutilizados en cualquier aplicación, estos bloques funcionales constan de entradas y salidas, igual que en un lenguaje de programación

estándar las funciones procesan las entradas y entregan una o varias salidas, estos VI pueden también estar conformados de otros subVI's y así sucesivamente, de esta forma se pueden representar como un árbol genealógico donde un VI se relaciona o depende de varios SubVI's.

LabVIEW tiene VI's de adquisición de datos e imágenes, de comunicaciones, de procesamiento digital de señales, de funciones matemáticas simples, hasta funciones que utilizan otros programas como Matlab o HiQ para resolver problemas, otras más complejas como "nodos de fórmula" que se utilizan para la resolución de ecuaciones editando directamente éstas como en lenguajes de programación tradicionales y definiendo las entradas y las salidas. LabVIEW también se puede utilizar para graficar en tres dimensiones, en coordenadas polares y cartesianas, tiene disponibles herramientas para análisis de circuitos RF como la Carta de Smith, tiene aplicaciones en manejo de audio y se puede comunicar con la tarjeta de sonido del computador para trabajar conjuntamente. Entre sus muchas funciones especiales se encuentran las de procesamiento de imágenes, como capturar una imagen a través de una tarjeta de adquisición, analizarla y entregar respuestas que difícilmente otros sistemas realizarían.



Figura 2.13: Paletas de función y control de LabVIEW.

2.5.4 Flujo de datos

Otra característica se encuentra en el flujo de datos, que muestra la ejecución secuencial del programa, es decir, una tarea no se inicia hasta no tener en todos sus variables de entrada información o que las tareas predecesoras hayan terminado de ejecutarse. Debido al lenguaje gráfico el compilador con que cuenta LabVIEW es más versátil ya que sobre el mismo código de programación se puede ver fácilmente el flujo de datos, así como su contenido.

2.5.5 Sistemas de mediciones y procesamiento de señales con LabVIEW

Un sistema de control de cualquier aplicación, consta de los aspectos básicos de cualquier sistema de instrumentación:

- Adquisición
- Medición.
- Procesado
- Presentación de datos.

Para poder satisfacer todas las situaciones que se presentan en los sistemas de instrumentación y medida, el software debe integrar todos los elementos de adquisición de un modo fácil de usar, flexible y con todas las opciones.

2.6 Sistemas embebidos de la National Instruments

National Instruments desarrolló CompactRIO, un sistema embebido de bajo coste, robusto y de altas prestaciones que combina la potencia de procesamiento y la flexibilidad de las FPGAs (Field-Programmable Gate Array es un dispositivo semiconductor que contiene bloques de lógica cuya interconexión y funcionalidad se puede programar) con la fiabilidad de un procesador en tiempo real en un solo paquete fácil de usar.

2.6.1 NI CompactRIO



Figura 2.14: NI CompactRIO

2.6.1.1 Características de NI CompactRIO

- Sistema pequeño, robusto y embebido de control y adquisición de datos
- Impulsado por las herramientas de programación gráfica NI LabVIEW de National Instruments para desarrollo rápido
- Ofrece un procesador embebido en tiempo real para operación confiable autónoma o distribuida
- Integra un chip FPGA embebido que proporciona la flexibilidad, rendimiento y fiabilidad de hardware personalizado
- Incluye módulos industriales de E/S intercambiables en vivo con acondicionamiento de señales integrado para conexión directa a una variedad de sensores y actuadores
- Ofrece certificaciones y clasificaciones industriales extremas:
 - Temperatura de operación de -40 a 70 °C (-40 a 158 °F)
 - Aislamiento (de rechazo) hasta 2,300 Vrms
 - Rangos de impacto de 50 g
 - Seguridad internacional, EMC y certificaciones ambientales
 - Clasificación para sitios peligrosos
 - Entradas de doble suministro de 9 a 35 VDC, bajo consumo de potencia (típico 7 a 10 W)

El controlador de automatización programable CompactRIO de National Instruments es un sistema avanzado y embebido de control y adquisición de datos diseñado para aplicaciones que requieren alto rendimiento y fiabilidad. Con la arquitectura abierta y embebida, tamaño pequeño, extrema robustez y flexibilidad del sistema, los ingenieros y desarrolladores pueden usar hardware comercial común para construir rápidamente sistemas embebidos personalizados. NI CompactRIO es impulsado por las tecnologías LabVIEW FPGA y LabVIEW Real-Time de National Instruments, ofreciendo a los ingenieros la habilidad para diseñar, programar y personalizar el sistema embebido CompactRIO con herramientas de programación gráfica fáciles de usar.

CompactRIO combina un procesador embebido en tiempo real, un FPGA de alto rendimiento y

módulos de E/S intercambiables en vivo. Cada módulo de E/S se conecta directamente al FPGA, proporcionando personalización de bajo nivel para temporización y procesamiento de señales de E/S. El FPGA es conectado al procesador embebido en tiempo real vía un bus PCI de alta velocidad. Esto representa una arquitectura de bajo costo con acceso abierto a recursos de hardware de bajo nivel. LabVIEW contiene mecanismos integrados para transferencia de datos para pasar datos desde los módulos de E/S al FPGA y también desde el FPGA al procesador embebido para análisis en tiempo real, procesamiento posterior, registro de datos o comunicación a un servidor conectado en red.

NI CompactRIO se basa en la nueva tecnología de Entradas/Salidas reconfigurables (RIO), su funcionalidad básica es proporcionada por una FPGA programable por el usuario. Se puede acceder y configurar la FPGA usando el software de desarrollo gráfico LabVIEW de NI.

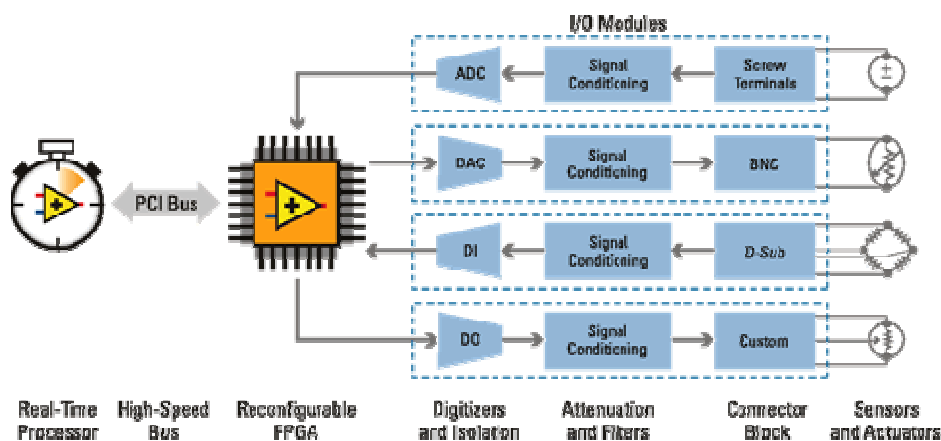


Figura 2.15: Módulos E/S de la serie C

La tecnología NI RIO proporciona un acceso sencillo, pero potente, a las FPGAs. Por ejemplo, se puede utilizar RIO en LabVIEW para configurar fácilmente la funcionalidad de hardware como E/S, PID, filtrado, procesamiento de señales o transferencia de datos mediante DMA (Direct Memory Access), con sólo unos pocos bloques de funciones.

2.6.1.2 La arquitectura CompactRIO

La arquitectura CompactRIO se compone de tres partes principales: el controlador de tiempo real embebido, el chasis embebido reconfigurable que contiene la FPGA y los módulos de E/S intercambiables en caliente. La integración del controlador embebido, el chasis que contiene la FPGA y los módulos conectables del hardware de bajo nivel que son requeridos en los sistemas embebidos. Gracias a la conexión directa entre los módulos de E/S y la FPGA se puede integrar perfectamente la

sincronización y el disparo entre los módulos de E/S a través de la FPGA y obtener un alto nivel de flexibilidad del sistema.

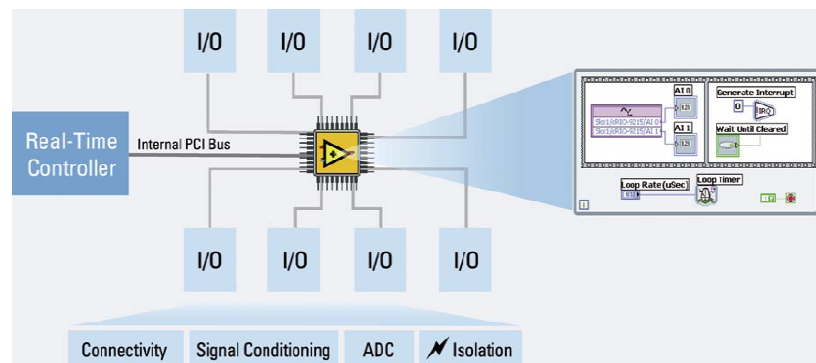


Figura 2.16: Arquitectura CompactRIO

2.6.1.3 Módulos de E/S de la serie C

Una variedad de tipos de E/S están disponibles incluyendo voltaje, corriente, termopares, RTD, acelerómetro y entradas de galga extensiométrica; E/S analógica de muestreo simultáneo hasta $\pm 60V$; E/S digital e industrial de 12, 24 y 48V; E/S digital de 5V/TTL; contadores/temporizadores; generación de pulso; y relés de alto voltaje/corriente. Ya que los módulos contienen acondicionamiento de señales integrado para rangos de voltaje extendidos o tipos de señales industriales, usted normalmente puede conectar cables directamente desde los módulos de la serie C a sus sensores y actuadores.

2.6.1.4 FPGA

El FPGA embebido es un chip reconfigurable y de alto rendimiento que se puede programar con herramientas de LabVIEW FPGA. Tradicionalmente, los diseñadores FPGA estaban obligados a aprender y a usar complejos lenguajes de diseño como VHDL para programar FPGAs. En la actualidad se puede usar herramientas gráficas de LabVIEW para programar y personalizar FPGAs. Al usar el hardware embebido FPGA en CompactRIO, se puede implementar temporización, disparo, sincronización, control y procesamiento de señales personalizados para su E/S analógica y digital.

2.6.1.5 Procesador en tiempo real

El sistema embebido CompactRIO tiene un procesador industrial Freescale MPC5200 de 400 MHz que ejecuta de manera determinante sus aplicaciones de LabVIEW Real-Time en el confiable sistema operativo Wind River VxWorks en tiempo real.

LabVIEW tiene funciones integradas para transferir datos entre el FPGA y el procesador en tiempo real en el sistema embebido CompactRIO. Se puede escoger entre más de 600 funciones integradas de LabVIEW para construir un sistema embebido de hilos múltiples para control, análisis, registro de datos y comunicación en tiempo real.

También se puede integrar código C/C++ existente con código LabVIEW Real-Time para ahorrar tiempo de desarrollo.

2.6.1.6 NI CompactRIO 9074



Figura 2.17: NI CompactRIO 9074

Tabla 2.4: ESPECIFICACIONES NI CompactRIO 9074

NI CompactRIO 9074	
Especificaciones	
Formato físico	CompactRIO
Sistema operativo / objetivo	Real-Time
Soporte para LabVIEW RT	Sí
Número de ranuras	8
Controlador integrado	si
ELÉCTRICO	
Fuente de alimentación recomendada: potencia	48 W
Fuente de alimentación recomendada: voltaje	24 V
Rango de entrada de voltaje	19 - 30 V
Consumo de potencia	20 W
FPGA RECONFIGURABLE	
FPGA	Spartan - 3
Compuertas	2000000

ESPECIFICACIONES FÍSICAS	
Longitud	28.97 cm
Ancho	8.73 cm
Altura	5.89 cm
Peso	929 gramos
Temperatura de operación	-20 a 55 °C
Compatibilidad CE	Sí

El sistema integrado cRIO-9074 de National Instruments combina un procesador en tiempo real y arreglos de compuertas programables en campo (FPGAs) reconfigurables en el mismo chasis para aplicaciones embebidas de monitoreo y control de máquinas. El cRIO-9074 integra un procesador industrial en tiempo real de 400 MHz con un FPGA de 2M de compuertas y tiene ocho ranuras para módulos de E/S de la Serie C. Para aplicaciones robustas, ofrece un rango de temperatura de operación de -20 a 55 °C junto con un rango de entrada de suministro de potencia de 19 a 30 VDC. El cRIO-9074 tiene 128 MB de DRAM para operación embebida y 256 MB de memoria no volátil para registro de datos. El cRIO-9074 tiene dos puertos 10/100 Mb/s Ethernet que se puede usar para llevar a cabo comunicación programática en la red y Web integrada (HTTP) y en servidores de archivos (FTP), así como para añadir expansión y E/S distribuida al sistema. Por ejemplo, se puede usar un puerto Ethernet para comunicación en red a un servidor o sistema empresarial y el otro puerto para expansión de E/S (conecte fácilmente otro sistema Compact RÍO u otro dispositivo basado en Ethernet para E/S adicional).

El CompactRIO también está diseñado para aplicaciones extremas en ambientes adversos, tales como plantas de energía y otros entornos industriales desafiantes y para sitios pequeños. Tamaño, peso, densidad de canales de E/S y consumo de potencia son requisitos críticos de diseño en muchas de estas aplicaciones embebidas. Aprovechando la naturaleza determinista y reconfigurable de los dispositivos FPGA, CompactRIO es capaz de proporcionar capacidades de control y adquisición fiables y reconfigurables en un formato compacto y resistente.

2.6.1.7 Prestaciones y flexibilidad

Utilizando la potencia del núcleo de la FPGA de CompactRIO se pueden diseñar lazos de control digital de 1MHz sin reducción de las prestaciones cuando se aumenta el número de los cálculos lógicos y también hacer funcionar lazos de control PID analógicos a 100 kHz utilizando cálculos basados en números enteros de 32 bits en la FPGA.

Los constructores de máquinas están utilizando la velocidad y la capacidad de personalización de CompactRIO para integrar el control de movimiento de velocidad ultra-elevada para servomotores multi-eje y motores paso a paso. Con CompactRIO y NI SoftMotion se pueden implementar algoritmos de control de movimiento personalizados en la FPGA del CompactRIO y obtener tiempos de control del lazo tan bajos como 5 μ s. Con el módulo NI para LabVIEW se puede crear controladores de movimiento personalizados para mejorar el rendimiento de las máquinas y los investigadores pueden implementar algoritmos avanzados para el diseño del control del movimiento. El módulo incluye funciones para la generación de la trayectoria, interpolación de tipo 'spline', posición y velocidad del control PID (Proporcional Integral Derivativo) e implementación de encoder sobre LabVIEW Real-Time y/o LabVIEW FPGA.

Con el diseño modular de CompactRIO se puede rediseñar y actualizar fácil y rápidamente los nuevos sistemas embebidos cuando una aplicación necesita cambiar sin tener que implementar interfaces de hardware complejas. La FPGA embebida en CompactRIO está programada con LabVIEW, por lo que los sistemas embebidos se pueden personalizar y rediseñar en un corto espacio de tiempo. Si se necesita modificar la funcionalidad del sistema, basta con conectar un nuevo módulo, cambiar el código de LabVIEW y descargar una nueva configuración en el hardware de la FPGA.

2.6.1.8 Áreas de aplicación

Ya que CompactRIO es confiable y adecuado para aplicaciones embebidas de medida y control de alto volumen, se puede adaptarlo para resolver una amplia variedad de retos en la industria y en aplicaciones. Los ejemplos incluyen:

- Adquisición de datos, registro de datos y control en el interior de vehículos.
- Vigilancia y protección del estado de máquinas.
- Creación de prototipos de sistemas embebidos.
- Vigilancia remota y distribuida.
- Registro de datos embebido.
- Control de movimiento multi-eje personalizado.
- Monitorización de la potencia eléctrica y control de la electrónica de potencia.

- Control de la maquinaria pesada y servo-hidráulica.
- Control discreto y por lotes.
- Análisis móvil/portátil de NVH (Noise, Vibration, Harshness).

CompactRIO se está utilizando para mejorar el rendimiento y la calidad de los trenes de laminación de acero; para monitorizar aerogeneradores y generadores de potencia; para crear prototipos de sistemas de control embebidos y para registrar datos de una gran variedad de vehículos, incluyendo aviones, trenes y automóviles. Las aplicaciones CompactRIO continúan evolucionando en áreas tales como el control de maquinaria pesada, el control de semiconductores, el control rápido de prototipos, la monitorización del estado de máquinas y el análisis móvil y portátil de señales dinámicas.

2.6.2 NI 9401 módulo bidireccional de E/S digitales de alta velocidad



Figura 2.18: Módulo NI 9401

- Bidireccional, configurable por nibble (4 bits)
- Conector D-Sub de 25 pines estándar en la industria
- 8 canales, E/S digital de 100 ns a ultra-alta velocidad
- Rango de operación de -40 a 70 °C
- E/S digital sinking/sourcing de 5 V/TTL
- Operación intercambiable en vivo (hot-swappable)

2.6.2.1 Información general

El NI 9401 de National Instruments es un módulo bidireccional de entrada digital de 8 canales a 100 ns para cualquier chasis NI CompactRIO.

Se puede configurar la dirección de las líneas digitales en el NI 9401 para entrada o salida por nibble (4 bits). De esta manera, se puede programar el NI 9401 para tres configuraciones - ocho entradas digitales, ocho salidas digitales o cuatro entradas digitales y cuatro salidas digitales.

Con la tecnología de E/S reconfigurables (RIO) se puede usar LabVIEW FPGA (en CompactRIO únicamente) para programar el NI 9401 para implementar, a la medida, contadores/temporizadores de alta velocidad, protocolos de comunicación digital, generación de pulso y mucho más.

Cada canal es compatible con señales de 5 V/TTL y ofrece aislamiento transitorio de 1,000 Vrms entre los canales de E/S y el plano trasero.

2.6.2.2 Especificaciones del módulo bidireccional de E/S digitales NI 9401

Tabla 2.5: ESPECIFICACIONES DEL MÓDULO NI 9401

General	
Producto	NI 9401
Familia de productos	E/S industrial
Formato físico	CompactDAQ , CompactRIO
Sistema operativo/objetivo	Windows , Real-Time
Tipos de medida	Digital
Tipo de aislamiento	Aislamiento de canal a tierra
Compatibilidad con RoHS	Sí
Entrada analógica	
Canales	0 , 0
Canales de una sola terminal	0
Canales diferenciales	0
Salida analógica	
Canales	0
E/S digital	
Canales bidireccionales	8

Canales de entrada únicamente	0
Canales de salida únicamente	0
Número de canales	8 , 0 , 0
Temporización	Hardware
Máximo rango de tiempo	10 MHz
Niveles lógicos	TTL
¿Soporta protocolo de sincronización para E/S?	Sí
¿Soporta E/S de patrones?	Sí
Máximo rango de entrada	0 V , 5.25 V
Máximo rango de salida	0 V , 5.25 V
Contadores/temporizadores	
Número de contadores/temporizadores	0
Especificaciones físicas	
Longitud	9 cm
Ancho	2.3 cm
Conector de E/S	D-Sub de 25 pines
Temperatura de operación	-40 °C
Temperatura de operación	70 °C
Temperatura de almacenamiento	-40 °C
Temperatura de almacenamiento	85 °C

2.6.3 NI 9472 módulo de salida digital de 8 canales, lógica de 24 V y 100 μ s



Figura 2.19: Módulo NI 9472.

- Certificados/clasificaciones industriales extremos
- Rango de operación de -40 a 70 °C
- Salida digital de 8 canales de 100 μ s
- Salida digital tipo sourcing, rango de 6 a 30 V
- Opciones de conector D-Sub o de terminal de tornillo
- Operación intercambiable en vivo (hot-swappable)

2.6.3.1 Información general

El NI 9472 de National Instruments es un módulo de salida digital tipo sourcing de 8 canales a 100 μ s para cualquier chasis NI CompactDAQ o CompactRIO. Cada canal es compatible con señales de 6 a 30 V y ofrece protección contra sobrevoltaje transitorio de 2,300 Vrms entre los canales de salida y el plano trasero. Cada canal también tiene un LED que indica el estado de ese canal. Con el NI 9472 usted puede conectar directamente a una variedad de dispositivos industriales como lo son motores, actuadores y relés.

Hay dos opciones de conector para el NI 9472; un conector de terminal de tornillo de 10 posiciones y un conector D-Sub de 25 posiciones. Este conector D-Sub de 25 posiciones estándar en la industria es ideal para cableado a bajo costo de una amplia variedad de accesorios.

NI recomienda el accesorio conector de liberación de tensión NI 9932 para el NI 9472 cuando se utiliza conectividad de terminal de tornillo y el accesorio NI 9934 para conectividad de D-Sub de 25 posiciones.

2.6.3.2 Especificaciones del módulo NI 9472 de salida digital de 8 canales

Tabla 2.6: ESPECIFICACIONES DEL MÓDULO NI 9472

Especificaciones módulo NI 9472	
Familia de productos	E/S industrial
Formato físico	CompactDAQ , CompactRIO
Sistema operativo/objetivo	Windows , Real-Time
Tipos de medida	Digital

Tipo de aislamiento	Aislamiento de canal a tierra
Compatibilidad con RoHS	Sí
Entrada analógica	
Canales	0 , 0
Canales de una sola terminal	0
Canales diferenciales	0
Salida analógica	
Canales	0
E/S digital	
Canales bidireccionales	0
Canales de entrada únicamente	0
Canales de salida únicamente	8
Número de canales	0 , 0 , 8
Temporización	Hardware
Máximo rango de tiempo	10 kHz
Niveles lógicos	Otro
Salida de flujo de corriente	Sourcing
Capacidad de corriente simple	0.75 A
Capacidad de corriente total	6 A
¿Soporta protocolo de sincronización para E/S?	Sí
¿Soporta E/S de patrones?	Sí
Máximo rango de salida	6 V , 30 V
Contadores/temporizadores	
Número de contadores/temporizadores	0
Especificaciones físicas	
Longitud	9 cm
Ancho	2.3 cm
Conector de E/S	D-Sub de 25 pines , terminales de tornillo
Temperatura de operación	-40 °C
Temperatura de operación	70 °C
Temperatura de almacenamiento	-40 °C
Temperatura de almacenamiento	85 °C
Temporización/disparo/sincronización	

Disparo	Digital
Dispara chasis Cdaq	Sí

2.6.4 NI 9474 módulo de salida digital de 8 canales de 5 a 30 V y 1 μ s



Figura 2.20: Módulo NI 9474

- Salida digital tipo sourcing, 5 a 30 V
- Operación intercambiable en vivo (hot-swappable)
- Certificados/clasificaciones industriales extremos
- Rango de operación de -40 a 70 °C
- Salida digital de 8 canales de alta velocidad a 1 μ s.

2.6.4.1 Información general

El 9474 de National Instruments es un módulo de la Serie C de salida digital tipo sourcing de 8 canales de alta velocidad a 1 μ s. Funciona con cualquier chasis NI CompactDAQ y CompactRIO. Cada canal es compatible con señales de 5 a 30 V y ofrece protección de sobrevoltaje transitorio de 2,300 Vrms entre los canales de salida y la tierra. Cada canal también tiene un LED que indica el estado de ese canal. Con el NI 9474 usted puede conectar directamente a una variedad de dispositivos industriales como lo son motores, actuadores y relés.

El módulo NI 9474 es un módulo digital correlacionado lo cual significa que puede realizar operaciones correlacionadas, disparos y sincronización al estar instalado en un chasis NI CompactDAQ.

2.6.4.2 Especificaciones NI 9474 módulo de salida digital de 8 canales de 5 a 30 V y 1 μ s

Tabla 2.7: ESPECIFICACIONES DEL MODÚLO NI 9474

Especificaciones módulo NI 9474	
Familia de productos	E/S industrial
Formato físico	CompactDAQ , CompactRIO
Sistema operativo/objetivo	Windows , Real-Time
Tipos de medida	Digital
Tipo de aislamiento	Aislamiento de canal a tierra
Compatibilidad con RoHS	Sí
Entrada analógica	
Canales	0 , 0
Canales de una sola terminal	0
Canales diferenciales	0
Salida analógica	
Canales	0
E/S digital	
Canales bidireccionales	0
Canales de entrada únicamente	0
Canales de salida únicamente	8
Número de canales	0 , 0 , 8
Temporización	Hardware
Máximo rango de tiempo	1 MHz
Niveles lógicos	Otro
Salida de flujo de corriente	Sourcing
Capacidad de corriente simple	1 A
Capacidad de corriente total	8 A
¿Soporta protocolo de sincronización para E/S?	Sí
¿Soporta E/S de patrones?	Sí
Máximo rango de salida	5 V , 30 V
Contadores/temporizadores	
Número de contadores/temporizadores	0
Especificaciones físicas	

Longitud	9 cm
Ancho	2.3 cm
Conector de E/S	Terminales de tornillo
Temperatura de operación	-40 °C
Temperatura de operación	70 °C
Temperatura de almacenamiento	-40 °C
Temperatura de almacenamiento	85 °C
Temporización/disparo/sincronización	
Disparo	Digital
Dispara chasis Cdaq	Sí

2.6.5 NI 9423 módulo de entrada digital de 8 canales, hasta 30 V, 1 μ s



Figura 2.21: Módulo NI 9423

- Entrada digital de 8 canales de alta velocidad a 1 μ s
- Entrada digital sinking de hasta 30 V
- Operación intercambiable en vivo (hot-swappable)
- Certificaciones/clasificaciones industriales extremas
- Rango de operación de -40 a 70 °C

2.6.5.1 Información general

El 9423 de National Instruments es un módulo de alta velocidad de la Serie C de entrada digital de 8 canales a 1 μ s para cualquier chasis NI CompactDAQ o CompactRIO. Cada canal puede recibir niveles discretos de voltaje hasta 30 V, es compatible con señales de 12 y 24 V y ofrece protección sobrevoltaje transitorio de 2,300 Vrms entre los canales de entrada y la tierra. Cada canal también tiene un LED que indica el estado de ese canal.

El NI 9423 funciona con niveles lógicos y señales industriales para conectarse directamente a una amplia variedad de conmutadores, transductores y dispositivos industriales. El módulo NI 9423 es un módulo digital correlacionado, así que puede realizar operaciones correlacionadas, disparos y sincronización al estar instalado en un chasis NI CompactDAQ o CompactRIO.

2.6.5.2 Especificaciones del módulo NI 9423 de entrada digital de 8 canales, hasta 30 V, 1 μ s

Tabla 2.8: ESPECIFICACIONES DEL MÓDULO NI 9423

Especificaciones módulo NI 9423	
Formato físico	CompactDAQ, CompactRIO
Sistema operativo/objetivo	Windows, Real-Time
Tipos de medida	Digital
Tipo de aislamiento	Aislamiento de canal a tierra
Compatibilidad con RoHS	Sí
Entrada analógica	
Número de canales	0
Salida analógica	
Número de canales	0
E/S digital	
Número de canales	8 DI
Temporización	Hardware
Máximo rango de tiempo	1 MHz
Niveles lógicos	> 24 V
Máximo rango de entrada	0..30 V
Entrada de flujo de corriente	Sinking
¿Soporta protocolo de sincronización para E/S?	Sí

¿Soporta E/S de patrones?	Sí
Contadores/temporizadores	
Número de contadores/temporizadores	Proporcionado por chasis
Temporización/disparo/sincronización	
Disparo	Digital
Dispara hasis cDAQ	Sí

2.6.6 NI 9421 módulos de entrada digital de 8 canales, lógica de 24 V y 100 μ s



Figura 2.22: Módulo NI 9421

- Entradas digitales tipo sinking, lógica de 12 a 24 V
- Rango de operación de -40 a 70 °C
- Entrada digital de 8 canales de 100 us
- Operación intercambiable en vivo (hot-swappable)
- Opciones de conector D-Sub o de terminal de tornillo
- Certificados/clasificaciones industriales extremos

2.6.6.1 Información general

El NI 9421 de National Instruments es un módulo de entrada digital tipo sinking de 8 canales a 100 μ s para cualquier chasis NI CompactDAQ o CompactRIO. Cada canal es compatible con señales

de 12 a 24 V y ofrece protección sobrevoltaje transitorio de 2,300 Vrms entre los canales de entrada y la tierra. Cada canal también tiene un LED que indica el estado de ese canal. El NI cRIO-9421 funciona con niveles lógicos y señales industriales para conectarse directamente a una amplia variedad de conmutadores, transductores y dispositivos industriales.

Hay dos opciones de conector para el NI 9421; un conector de terminal de tornillo de 10 posiciones y un conector D-Sub de 25 posiciones. Este conector D-Sub de 25 posiciones estándar en la industria es ideal para cableado a bajo costo de una amplia variedad de accesorios ofrecidos por NI u otros vendedores. Algunos vendedores ofrecen fabricación personalizada de cable D-Sub y pueden proporcionar cables con pin-out que satisfaga las necesidades de su aplicación.

NI recomienda el accesorio conector de liberación de tensión NI 9932 para el NI 9421 para conectividad de terminal de tornillo y el accesorio NI 9934 para conectividad de D-Sub de 25 posiciones.

2.6.6.2 Especificaciones del módulo NI 9421 de entrada digital de 8 canales

Tabla 2.9: ESPECIFICACIONES DEL MÓDULO NI 9421

Especificaciones módulo NI 9421	
Familia de productos	E/S industrial
Formato físico	CompactDAQ , CompactRIO
Sistema operativo/objetivo	Windows , Real-Time
Tipos de medida	Digital
Tipo de aislamiento	Aislamiento de canal a tierra
Compatibilidad con RoHS	Sí
Entrada analógica	
Canales	0 , 0
Canales de una sola terminal	0
Canales diferenciales	0
Salida analógica	
Canales	0
E/S digital	
Canales bidireccionales	0
Canales de entrada únicamente	8

Canales de salida únicamente	0
Número de canales	0 , 8 , 0
Temporización	Hardware
Máximo rango de tiempo	10 kHz
Niveles lógicos	24 V
Entrada de flujo de corriente	Sinking
¿Soporta protocolo de sincronización para E/S?	Sí
¿Soporta E/S de patrones?	Sí
Máximo rango de entrada	0 V , 24 V
Contadores/temporizadores	
Número de contadores/temporizadores	0
Especificaciones físicas	
Longitud	9 cm
Ancho	2.3 cm
Conector de E/S	D-Sub de 25 pines , Terminales de tornillo
Temperatura de operación	-40 °C
Temperatura de operación	70 °C
Temperatura de almacenamiento	-40 °C
Temperatura de almacenamiento	85 °C
Temporización/disparo/sincronización	
Disparo	Digital
Dispara chasis Cdaq	Sí

2.7 Adquisición de datos

Todos los sistemas de medición electrónicos están compuestos de instrumentos y componentes interconectados para poder realizar una función de medición. Cada componente del sistema no solo debe realizar su función individual correctamente sino también trabajar efectivamente con los demás componentes para que todo el sistema opere correctamente.

Un sistema de adquisición de datos consta de:

- **Las fuentes de señales, que son de dos clases.**
 - a. **Elementos de medición directa** producen la señal como resultado de cantidades eléctricas, como mediciones de voltaje, de corriente, de resistencia, de frecuencia, etc.
 - b. **Transductores.-** dispositivos que censan los fenómenos físicos y convierten parámetros no eléctricos en señales eléctricas, ejemplo de ello son las resistencias detectoras de temperatura (RTD), los transductores de flujo, transductores de presión, etc. En cada caso las señales eléctricas son proporcionales a los parámetros físicos que monitorean.
- **Elementos de acondicionamiento de señales.-** estos elementos realizan la tarea de amplificar las señales de bajo nivel, aislarlas y filtrarlas para tomar mediciones más precisas. Además algunos transductores usan voltaje o corriente como excitación para poder producir su valor de salida. El acondicionamiento de señales entonces se divide en:
 - a. **Amplificación.-** es el tipo más común de acondicionamiento, cuando las señales son muy pequeñas deben amplificarse para incrementar su resolución y reducir el ruido. Para tener la mayor precisión posible, la señal debe amplificarse tal que el máximo rango de voltaje de la señal acondicionada iguale el máximo rango de entrada del convertidor analógico digital.
 - b. **Aislamiento.-** se aíslan las señales del transductor del medio ambiente [para reducir ruidos que la distorsionan. También se aíslan las señales de un transductor del equipo receptor, como el caso de una entrada de control digital para evitar transiciones de voltaje que lo dañe. Una razón adicional es asegurar que las lecturas del equipo de medición no sean afectadas por diferencias en potenciales de tierra y voltaje de modo común. Cuando la entrada del dispositivo de medición y la señal adquirida son referenciadas a tierra y hay diferencias de potencial entre ambas tierras esta diferencia puede resultar en lo que se conoce como laso de tierra que ocasiona imprecisiones en la señal adquirida, o si la diferencia es muy grande, puede dañar el sistema de medición. Al aislar la señal del transductor del sistema de adquisición de datos se asegura la exactitud de las señales.
 - c. **Multiplexado.-** es una técnica para medir varias señales con un solo dispositivo. A menudo se multiplexa para monitorear diferentes fuentes de señales de lenta variación como la temperatura el instrumento toma muestra de un canal, cambia el próximo canal y toma otra muestra, y así continua. Dado que el sistema monitorea más de un canal, la velocidad de muestreo efectiva de

cada canal individual es inversamente proporcional al número de canales muestreados.

- d. Filtrado.-** su propósito es remover las señales indeseadas de las que se están tratando de medir. un filtro de ruido se usa en señales de tipo DC, tales como temperatura para atenuar señales de alta frecuencia que reducen la precisión de la medición. Las señales de tipo AC tales como las de vibración, requieren otros filtros conocidos como filtros antialiasing que es un filtro pasa bajas con una ventana de corte muy alta para remover casi completamente las frecuencias indeseables, si la señal de ruido no se removiera, apareciera erróneamente dentro adicionada a la señal original.
- e. Linealización.-** muchos transductores como los termopares tienen una respuesta no lineal a los cambios en el fenómeno que se está midiendo por lo que se requiere rutinas de linealización que calculan los nuevos valores correspondientes a su medición.

2.8 Control monitoreo y análisis de datos

Los esquemas de adquisición dependen en gran medida de los sistemas de control que emplearan, ya que toda adquisición se realiza principalmente con fines de monitoreo y control, a continuación se presentan tres tipos básicos:

Esquema de control analógico con monitoreo.

Los sistemas analógicos se configuran por componentes que miden, transmiten, despliegan y registran datos solo en forma analógica.

Características:

- Se emplean en aplicaciones de bajo costo y sencilla implementación.
- No se requiere llevar un registro de monitoreo.
- Generalmente son controles de apagado y encendido.
- Aplicaciones que requieren un ancho de banda amplio, es decir tiempos de respuesta altas y bajas frecuencias.
- Solo se acepta una tolerancia de error muy bajas

Esquema de control digital directo.

Estos sistemas realizan la conversión de datos analógicos a digitales y el control mediante el instrumento de medición y controladores dedicados exclusivamente al proceso.

Características:

- Su implementación es más costosa que un sistema analógico por la complejidad de los instrumentos involucrados.
- Se requiere digitalizar las señales para poder ser medidas, comparadas y controladas por lo que el tiempo de respuesta del controlador depende de la adquisición y procesamiento de los datos.
- Los controladores aplican algoritmos más complicados para generar la respuesta de control.
- Se puede llevar un registro del monitoreo de los datos con almacenamiento en la unidad controladora.

Esquema de control supervisorio.

Estos sistemas se aplican a procesos muy complicados con varios módulos que pueden estar separados por lo que requieren de más de un controlador diferente y métodos de transmisión de datos.

Ventajas:

Permite optimizar los procesos que se corren en máquinas separadas sobre una red, lo que lleva a un sistema más confiable y de mejor rendimiento.

Composición:

Los sistemas distribuidos se pueden separar en dos partes. La estructura principal o columna y los nodos.

1. **La columna.-** es la parte más alta del sistema, se puede simplificar con servidores clave y de red. El software que corre en los servidores clave debe manejar transferencia de redes, administración de datos, visualización de datos, alarmas, eventos y seguridad. Una característica clave de la columna es que debe ser capaz de comunicarse con el resto del software a través de un protocolo común como TCP/IP. El software usado en cada máquina de la red debe soportar los mismos protocolos de comunicación; además los servidores clave deben soportar protocolos que puedan

servir también en máquinas de nuevas generaciones.

- a. **La red.-** conforme el sistema crece los datos pueden ser almacenados en múltiples computadores y monitoreadas centralmente, o se pueden almacenar en un servidor central. Para comunicar con datos en línea las herramientas del software deben estar integradas al sistema operativo nativo de la red, ser tan transparente como sea posible, ser estables sin interrupción en la red. El sistema OPC es un ejemplo estándar industrial a través del que se puede comunicar el software y el hardware independientemente del fabricante.
 - b. **Administración de datos.-** los servidores claves tienen también que tener la habilidad de registrar datos. El registro de datos es el proceso de adquirir y almacenar datos en un archivo o base de datos. Entre más complicado el proceso más crítica la operación de almacenar correctamente. Pequeñas cantidades de datos pueden almacenarse en archivos o hojas de datos, sin embargo grandes cantidades requieren de formatos de almacenamiento más complicados. Existen diferentes métodos de almacenamiento con sus respectivas ventajas y desventajas. Los dos principales tipos son: Base de datos relacionales y base de datos de cadena. Las bases de datos relacionales son las más tradicionales, y aunque son muy flexibles, no están optimizadas para espacio en disco y acceso rápido. Las bases de datos de cadena, por otro lado se diseñan para almacenar grandes cantidades de datos rápidamente.
 - c. **Visualización de datos.-** los servidores clave tienen también que tener la habilidad de visualizar los datos de proceso, ya sea después de adquirir todos los datos por completo o en el momento que se adquiere cada señal. Visualizar los datos desde una sola máquina solo requiere de una interfaz de usuario mientras que visualizar los datos en varias máquinas requiere que cada máquina sea un cliente con la tarea de requerir los datos cuando se lo pidan, uno de; los servidores más comunes es el OPC.
- 2 **Los nodos.-** son el hardware con sus tareas específicas tales como un controlador de una banda transportadora o un botón de seguridad de apagado. Poner una rutina de control para cada nodo permite tener un tiempo de respuesta más rápida que el control desde la red, además de que se reduce el número de tareas desde la red liberando de monitoreo mayores.
- a. **Sistemas de operación en tiempo real.-** muchos nodos se implementan con controladores dedicados para operarlos en tiempo real. El sistema de tiempo real ofrece un desempeño determinístico (siempre realiza la misma operación cada intervalo de tiempo), alta confiabilidad, y operación independiente lo que aumenta gradualmente la precisión en el lazo de control

b. Análisis en línea.- implica que los datos sean procesados con la misma aplicación que los adquirió, o sea el controlador de entradas/salidas. La decisión debe hacerse inmediatamente y los resultados tienen consecuencias directas en el proceso por lo que se deben considerar las rutinas involucradas en cuestión de tiempo de procesamiento para mantener correspondencia en el control.

c. Análisis fuera de línea.- algunos procesos no requieren de obtener resultados en tiempo real, sino solamente requieren de los recursos computacionales para identificar las causa y efectos de las variables que se involucran en el proceso mediante la correlación de múltiples conjuntos de datos, los datos se importan de una base de datos o archivos, se analizan mediante técnicas de ingeniería y se ordenan en algún formato y se presentan para su reporte.

2.9 Instrumentación

Actualmente es cada vez mayor el desarrollo de equipos de instrumentación y control que se comunican a través de señales digitales en reemplazo de las analógicas.

Es importante entonces conocer algunas características acerca de la transmisión de las mismas, de los medios físicos a través de los cuales éstas son enviadas y de las ventajas de la instrumentación digital de campo sobre la convencional. Vamos a considerar en esta parte lo correspondiente a transmisores y válvulas con tecnología digital.



Figura 2.23: Instrumentación.

2.9.1 Señales analógicas y digitales

A pesar que la señal de 4-20 mA, como ejemplo de señal estándar de transmisión, es todavía empleada en la mayoría de los casos, en años recientes se ha visto una gradual transformación de instrumentación analógica a digital. Hoy, se está dando el cambio de señales analógicas a digitales.

La transmisión analógica de información se caracteriza por el continuo cambio de amplitud de la señal. En la ingeniería de procesos, la señal de 4-20 mA mencionada, es transmitida en una forma analógica pura. Una corriente proporcional al valor medido, en el caso de los transmisores, fluye entre éstos y los instrumentos que la reciben tal como un controlador, un medidor o un registrador. En una señal analógica tal, sin embargo, el contenido de información es muy restringido; solamente el valor de la corriente y la presencia o no de ésta puede ser determinado.

Una señal digital a diferencia, no cambia continuamente, sino que es transmitida en paquetes discretos. No es tampoco inmediatamente interpretada, sino que debe ser primero decodificada por el receptor. El método de transmisión también es otro: como pulsos eléctricos que varían entre dos niveles distintos de voltaje. En lo que respecta a la ingeniería de procesos, no existe limitación en cuanto al contenido de la señal y cualquier información adicional, desde un transmisor por ejemplo, puede ser transmitida con la variable medida.

Una de las ventajas de la transmisión digital es la eliminación de las innecesarias conversiones de analógica a digital. En este caso, la señal analógica es muestreada. A mayor velocidad de muestreo con una resolución más fina, mejora la conversión. Los costos sin embargo también se incrementan, de modo tal que debe existir un compromiso entre costo y precisión.

2.9.2 Comunicación digital

En la comunicación analógica, la información es transmitida a través de la amplitud de la señal. En la comunicación digital, la señal está compuesta por una serie de pulsos de voltaje y es enviada del transmisor al receptor a través de un medio de transmisión. Este puede ser un cable, fibra óptica o radio. La información es usualmente contenida en los cambios entre dos niveles de voltaje que pueden tomar los valores lógicos "1" y "0". Los niveles reales de voltaje y las tolerancias dependen del estándar de interfaz empleado. Los voltajes que caen fuera de las bandas no son considerados como datos.

Las unidades de datos individuales, representadas por los valores 0 y 1 son conocidos como bits. Estos valores son por supuesto la base del sistema de numeración binario. El sistema binario es usado

para todos los cálculos dentro del microprocesador que aparece como el corazón de un instrumento digital de procesos. El conjunto de 8 bits es denominado un byte el cual representa el bloque de construcción de todos los valores alfanuméricos empleados por ejemplo por un operador para comunicarse con un microprocesador.

Desde que la comunicación digital involucra por lo menos dos equipos, ambos deben ser capaces de interpretar la señal. Es por ello que usan códigos de control en los cuales una secuencia específica de bits, indica a uno de los equipos lo que se está transmitiendo y cómo. Los códigos de datos son empleados para la información misma. Las mismas reglas se aplican sin importar si estamos hablando a un microprocesador o si varios dispositivos en una red se están comunicando entre ellos. El código ASCII (American Standard Code for Information Interchange) es probablemente el ejemplo más conocido de un código de control y de datos

2.9.3 Medios de transmisión

A mayor información transmitida y a mayor velocidad de transmisión, mayor es la demanda de mejores características para el medio de transmisión. Esto es particularmente cierto para las redes industriales de comunicación, en donde las condiciones distan mucho de ser ideales por ejemplo debido a las posibles interferencias de máquinas eléctricas. Por esta razón, el mejor medio de transmisión depende en mucho de la aplicación.

2.9.4 Los cables trenzados (Twisted Cable)

Es la solución más económica para la transmisión de datos; permite velocidades de transmisión de hasta 375 KBit/s sobre líneas de hasta 300 m de largo. En muchos casos, se usan pares trenzados y apantallados que proveen mayor inmunidad a la interferencia. En este caso las distancias pueden llegar a los 1200 m. Se pueden también emplear cables multifilares, siempre que no se genere interferencia entre éstos.

Según el estándar FIP, dos pares de cables con doble blindaje, permiten una velocidad de transmisión de 1 Mbit/s sobre distancias de hasta 2000 m.

En todos los casos sin embargo, el cable de comunicación debe mantenerse aparte de los cables de energía cuando se manejan cargas grandes.



Figura 2.24: Cable trenzado.

2.9.5 Los cables coaxiales

Permiten una alta velocidad de transmisión con la ventaja adicional que puede llevar muchos mensajes simultáneamente. El ancho de banda llega hasta 10 MHz. Los cables son más caros que los trenzados y son raramente encontrados en el campo.



Figura 2.25: Cables coaxiales.

2.9.6 Los cables de fibra óptica

Su capacidad de transmisión es 5 veces mayor a la del cable coaxial. El cable de fibra óptica contiene una fibra simple de vidrio la que por razones de estabilidad está rodeada de varias cubiertas protectoras de modo tal que es casi tan gruesa como un cable coaxial. Estos cables son fáciles de tender. Durante la transmisión, las señales eléctricas son convertidas en señales luminosas. Esto significa que los factores usuales de interferencia tales como campos electromagnéticos no tienen influencia.

La mayoría de los cables de fibra óptica permiten velocidades de transmisión en el rango de Gigabits/s. Debido al método más complicado de conexión, este medio es el más caro. Por otro lado, desde que es relativamente nuevo, y aún en constante desarrollo, será en el futuro el que reemplace a los cables de cobre para transmisión de datos.



Figura 2.26: Cables de fibra óptica

2.10 Semáforo

Los semáforos son dispositivos de señalización posicionados en intersecciones de calles, pasos de peatones y otros lugares para regular el tráfico de vehículos y el tránsito de peatones.



Figura 2.27: Semáforo

2.10.1 Elección de colores

El motivo por el que se eligieron el color rojo y el verde para la regulación del tráfico es que se heredaron del mundo del ferrocarril que a su vez las había heredado del marítimo. Desde siglos atrás, los barcos utilizaban un código de colores para señalar el derecho de paso (código de colores que se sigue usando hoy en día y, ahora también, en las alas de los aviones): rojo a babor y verde a estribor. De este modo, si dos barcos se acercan el uno al otro perpendicularmente; uno de ellos ve la luz roja en el babor del otro, que se le acerca por la derecha, y el barco que viene por la derecha ve la luz verde en el estribor del otro barco. El timonel que veía la luz roja sabía que debía ceder el paso al otro barco, y el que veía la luz verde sabía que podía continuar sin problemas.

2.10.2 Componentes

El semáforo está formado por los siguientes componentes:

- Cabeza: Es la armadura que contiene las partes visibles del semáforo. Cada cabeza contiene un número determinado de caras orientadas en diferentes direcciones.
- Soportes: Los soportes son las estructuras que se utilizan para sujetar la cabeza de los semáforos de forma que les permitan algunos ajustes angulares, verticales y horizontales.
- Cara: Son las distintas luces de las cuales están formados los semáforos. En cada cara puede haber desde dos luces hasta más de tres, siendo la de tres luces las caras más usuales.
- Lente: Es la parte de la unidad óptica que por refracción dirige la luz proveniente de la lámpara y de su reflector en la dirección deseada. Este elemento desaparece en los nuevos semáforos de LEDs.
- Visera: Es un elemento que se coloca encima o alrededor de cada una de las unidades ópticas, para evitar que, a determinadas horas, los rayos del sol incidan sobre éstas y den la impresión de estar iluminadas, así como también para impedir que la señal emitida por el semáforo sea vista desde otros lugares distintos hacia el cual está enfocado. Como el caso de las lentes, esta parte está desapareciendo ya que los nuevos semáforos de LEDs iluminan de mejor forma que los antiguos.
- Placa de contraste: Elemento utilizado para incrementar la visibilidad del semáforo y evitar que otras fuentes lumínicas confundan al conductor.

2.10.3 Semáforos actuales



Figura 2.28: Semáforos actuales

Los semáforos han ido evolucionando con el paso del tiempo y actualmente y debido a su rentabilidad, se están utilizando lámparas a LED para la señalización luminosa , puesto que las lámparas de LED utilizan sólo 10% de la energía consumida por las lámparas incandescentes, tienen una vida estimada 50 veces superior, y por tanto generan importantes ahorros de energía y de mantenimiento, satisfaciendo el objetivo de conseguir una mayor fiabilidad y seguridad pública. Entre las mayores ventajas que tienen las señales luminosas con LED figuran:

- Muy bajo consumo y por tanto ahorran energía.
- Mayor vida útil de las lámparas.
- Mínimo mantenimiento.
- Respeto por el medio ambiente.
- Simple recambio.
- Unidad óptica a prueba de luz solar y Alto contraste con luz solar.
- Señalización luminosa uniforme.
- Evita el fundido de las luces, al estar formadas éstas por una matriz de diodos; por lo que en ese caso sólo lo harán unos cuantos diodos y no todo el conjunto, de forma que el semáforo nunca se apagará por un fallo de este tipo.
- Mayor seguridad vial.
- Se pueden cambiar la imágenes fácilmente (ej, en Madrid durante el día de la mujer añadieron falda a los muñequitos)
- Animaciones como peatón moviéndose, cuentas atrás, etc.
- Su bajo consumo permite que funcionen automáticamente mediante una batería durante cierto tiempo.
- Precaución a los peatones
- Incorporación de sonidos intermitentes cuando el muñeco verde esté parpadeando para ponerse en rojo. Actualmente se utiliza una voz grabada con el nombre de la calle para que un peatón ciego no

se pueda confundir con otros semáforos cercanos e incluso con los cantos de canarios, como sucedía con los primeros semáforos con este sistema.

La óptica de LED está compuesta por una placa de circuito impreso, policarbonato de protección, casquillo roscante E-27, todos estos elementos están integrados sobre un soporte cónico. El circuito impreso, policarbonato de protección y envolvente cónica, poseen orificios de ventilación para facilitar la evacuación de calor de su interior.

Aunque los LEDs ofrecen multitud de ventajas respecto a las bombillas tradicionales uno de sus mayores inconvenientes es que no soportan bien los cambios bruscos de energía, que es lo que ocurre cuando se encienden o se apagan cada una de las luces del semáforo, ya que además cada luz debe apagarse rápidamente para no provocar confusión con el resto de las luces, lo que provoca que algunos diodos se fundan.

Desde hace algunos años se viene utilizando la tecnología inalámbrica en los semáforos, después de que los semáforos inteligentes no hayan llegado a funcionar todo lo bien que se esperaba. En varias ciudades de España los medios de transporte y los de emergencia incorporan equipos informáticos emisores y receptores digitales de señales de radio de muy corto alcance. Estas unidades permiten que cuando el vehículo que las porta se acerca a un semáforo equipado con otro equipo ambos dispositivos se conectan entre ellos y después de verificar el código de autorización los semáforos que regulan la intersección se coordinan para dar vía libre al autobús o ambulancia, consiguiendo de esta forma un tráfico fluido del transporte público o el paso de una ambulancia en servicio de forma segura en los cruces. Aunque no es una tecnología muy extendida posiblemente vaya creciendo su uso, según los resultados que se vayan obteniendo.

2.11 Motores de corriente continua



Figura 2.29: Motor de corriente continua

Los motores CC (corriente continua) de los usados generalmente en robótica. Los hay de distintos tamaños, formas y potencias, pero todos se basan en el mismo principio de funcionamiento.

Accionar un motor DC es muy simple y solo es necesario aplicar la tensión de alimentación entre sus bornes. Para invertir el sentido de giro basta con invertir la polaridad.

A diferencia de los motores paso a paso y los servomecanismos, los motores DC no pueden ser posicionados y/o enclavados en una posición específica. Estos simplemente giran a la máxima velocidad y en el sentido que la alimentación aplicada se los permite.

El motor de corriente continua está compuesto de 2 piezas fundamentales:

- Rotor
- Estator

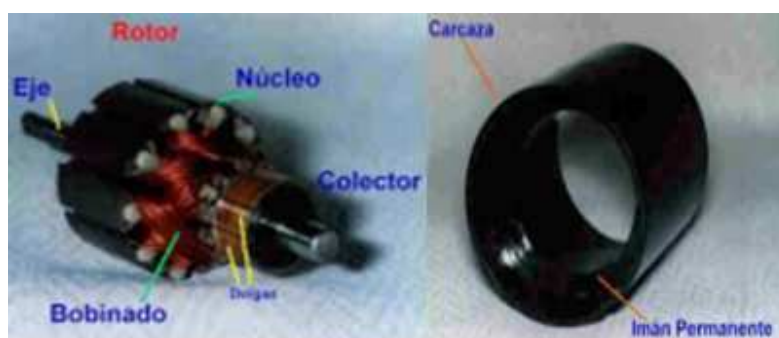


Figura 2.30: Rotor y estator

Dentro de éstas se ubican los demás componentes como: escobillas y portaescobillas, colector, eje, núcleo y devanado del rotor, imán permanente, armazón, tapas o campanas

Tabla 2.10: ESTRUCTURA DE UN MOTOR C.C

ROTOR	ESTATOR
Eje	Armazón
Núcleo y devanado	Imán permanente
Colector	Escobillas y porta escobillas
	Tapas

2.11.1 Rotor

Constituye la parte móvil del motor, proporciona el torque para mover a la carga.

Está formado por:

- **Eje:** Formado por una barra de acero fresada. Imparte la rotación al núcleo, devanado y al colector.
- **Núcleo:** Se localiza sobre el eje. Fabricado con capas laminadas de acero, su función es proporcionar un trayecto magnético entre los polos para que el flujo magnético del devanado circule.

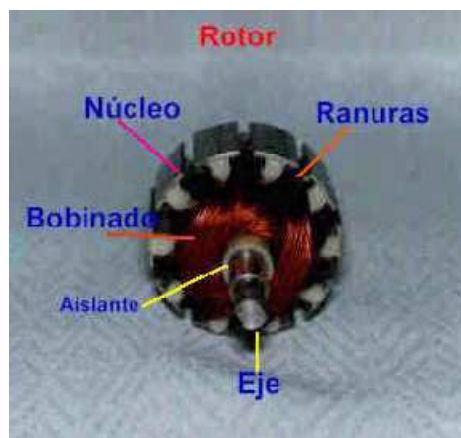


Figura 2.31: Rotor C.C

Las laminaciones tienen por objeto reducir las corrientes parásitas en el núcleo. El acero del núcleo debe ser capaz de mantener bajas las pérdidas por histéresis. Este núcleo laminado contiene ranuras a lo largo de su superficie para albergar al devanado de la armadura (bobinado).

- **Devanado:** Consta de bobinas aisladas entre sí y entre el núcleo de la armadura. Estas bobinas están alojadas en las ranuras y están conectadas eléctricamente con el colector, el cual debido a su movimiento rotatorio, proporciona un camino de conducción conmutado.
- **Colector:** Denominado también conmutador, está constituido de láminas de material conductor (delgas), separadas entre sí y del centro del eje por un material aislante, para evitar cortocircuito con dichos elementos. El colector se encuentra sobre uno de los extremos del eje del rotor, de modo que gira con éste y está en contacto con las escobillas. La función del colector es recoger la tensión producida por el devanado inducido, transmitiéndola al circuito por medio de las escobillas (llamadas también cepillos)

2.11.2 Estator

Constituye la parte fija de la máquina. Su función es suministrar el flujo magnético que será usado por el bobinado del rotor para realizar su movimiento giratorio .

2.11.3 Armazón

Denominado también yugo, tiene dos funciones primordiales: servir como soporte y proporcionar una trayectoria de retorno al flujo magnético del rotor y del imán permanente, para completar el circuito magnético

2.11.4 Imán permanente

Compuesto de material ferro magnético altamente remanente, se encuentra fijado al armazón o carcasa del estator. Su función es proporcionar un campo magnético uniforme al devanado del rotor o armadura, de modo que interactúe con el campo formado por el bobinado, y se origine el movimiento del rotor como resultado de la interacción de estos campos.



Figura 2.32: Imán permanente

2.11.5 Escobillas

Las escobillas están fabricadas de carbón, y poseen una dureza menor que la del colector, para evitar que éste se desgaste rápidamente. Se encuentran albergadas por los portaescobillas. Ambos, escobillas y portaescobillas, se encuentran en una de las tapas del estator.

La función de las escobillas es transmitir la tensión y corriente de la fuente de alimentación hacia el colector y, por consiguiente, al bobinado del rotor.

La función del portaescobillas es mantener a las escobillas en su posición de contacto firme con los segmentos del colector. Esta función la realiza por medio de resortes, los cuales hacen una presión moderada sobre las escobillas contra el colector. Esta presión debe mantenerse en un nivel intermedio pues, de ser excesiva, la fricción desgastaría tanto a las escobillas como al colector; por otro lado, de ser mínima esta presión, se produciría lo que se denomina "chisporroteo", que es cuando aparecen chispas entre las superficies del colector y las escobillas, debido a que no existe un buen contacto.

2.12 Motor paso a paso

Los motores paso a paso (P-P) pueden verse como motores eléctricos sin sistema de conmutación. Típicamente, todas las bobinas del motor están en el estator y el rotor es, o un imán permanente o, en el caso de motores de reluctancia variables, un bloque de algún material magnéticamente blando. Toda la conmutación debe ser manejada externamente por el controlador del motor y, habitualmente, los motores y controladores están diseñados para que el motor pueda ser mantenido en una posición o rotar en uno u otro sentido. La mayoría de estos motores pueden ser manejados a frecuencias de audio permitiendo un giro rápido y, con un controlador apropiado, pueden ser arrancados y parados en posiciones controladas.



Figura 2.33: Motor paso a paso.

Para algunas aplicaciones existe una posibilidad de elección entre el uso de servomotores y de motores P-P. Ambos tipos ofrecen prestaciones similares para posicionamientos precisos, pero difieren en algunos aspectos. Los servomotores requieren sistemas de realimentación analógica. Típicamente, esto involucra un potenciómetro para proporcionar realimentación acerca de la posición del rotor, y

alguna circuitería para dirigir corriente a través del motor de forma inversamente proporcional a la diferencia entre la posición actual y la deseada. La elección entre uno u otro tipos de motor dependen fundamentalmente de la aplicación. Por ejemplo, la repetibilidad del posicionado con un motor P-P depende de la geometría del rotor, mientras que en el servomotor generalmente depende de la estabilidad del potenciómetro y de otros componentes del circuito de realimentación.

2.12.1 Principio de funcionamiento

Los motores P-P se presentan en dos variedades, de imán permanente y de reluctancia variable.

Si el estator del motor tiene tres bobinas, conectadas típicamente, con un terminal común, a todas las bobinas, será probablemente un motor P-P de reluctancia variable. El conductor común se conecta habitualmente al borne positivo y las bobinas son alimentadas siguiendo una secuencia consecutiva.

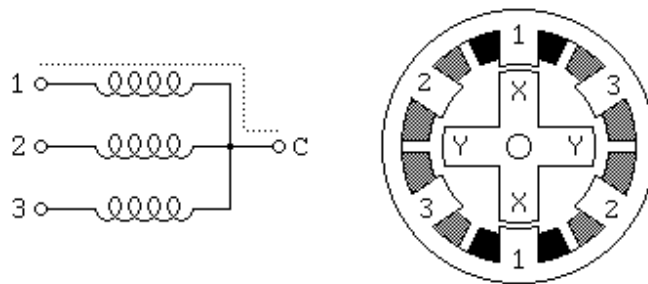


Figura 2.34: Bobinas de un motor P-P de reluctancia variable

Estos motores no contienen imanes permanentes. El estator es similar a un motor de c.c. de escobillas, sin embargo, el rotor sólo consta de hierro laminado. El par se produce como resultado de la atracción entre las bobinas y el rotor férreo. El rotor forma un circuito magnético con el polo del estator. La reluctancia de un circuito magnético es el equivalente magnético a la resistencia de un circuito eléctrico. Cuando el rotor está alineado con el estator el hueco entre ambos es muy pequeño y en este momento la reluctancia está al mínimo. La inductancia del bobinado también varía cuando el rotor gira. Cuando el rotor está fuera de la alineación, la inductancia es muy baja, y la corriente aumentará rápidamente. Cuando el rotor se alinea con el estator, la inductancia será muy grande. Esta es una de las dificultades de manejar un motor de esta clase.

Los **motores P-P de imán permanente** son los más usados en robótica. Básicamente, están constituidos por un rotor sobre el que van aplicados distintos imanes permanentes, y por un cierto número de bobinas excitadoras bobinadas en su estator. Así, las bobinas son parte del estator y el rotor

es un imán permanente. Toda la conmutación (o excitación de las bobinas) debe ser externamente manejada por un controlador.



Figura 2.35: Rotor de imán permanente



Figura 2.36: Bobinas del estator

Existen dos tipos de motores paso a paso de imán permanente:

Bipolar: Estos tienen generalmente cuatro cables de salida. Necesitan ciertos trucos para ser controlados, debido a que requieren del cambio de dirección del flujo de corriente a través de las bobinas en la secuencia apropiada para realizar un movimiento. Su uso no es tan común como en el caso de los de tipo unipolar.

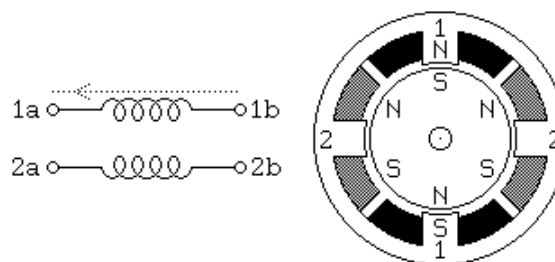


Figura 2.37: Bobinas motor P-P bipolar

Unipolar: Estos motores suelen tener 8, 6 o 5 cables de salida, dependiendo de su conexionado interno. Este tipo se caracteriza por ser más simple de controlar.

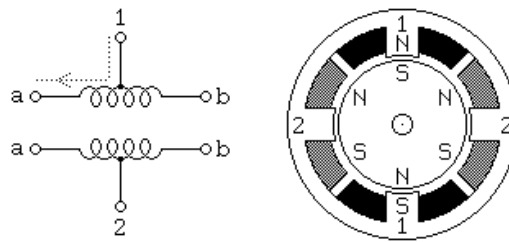


Figura 2.38: Bobinas motor P-P unipolar

2.12.1.1 Secuencias para manejar motores paso a paso unipolares

Secuencia de paso completo doble (normal): Consiste en activar dos bobinas al mismo tiempo, ambas consecutivas, de modo que el eje del motor se oriente hacia el punto medio de ambas bobinas. Esta es la secuencia más usada y la que generalmente recomienda el fabricante. Con ésta el motor avanza un paso cada vez y, debido a que siempre hay al menos dos bobinas activadas, se obtiene un alto par de paso y de retención.

Tabla 2.11: SECUENCIA MOTOR P-P UNIPOLARES

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina C	
1	ON	ON	OFF	OFF	
2	OFF	ON	ON	OFF	
3	OFF	OFF	ON	ON	
4	ON	OFF	OFF	ON	

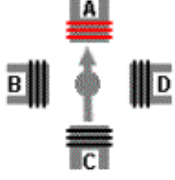
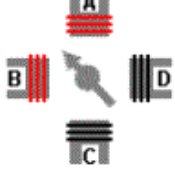
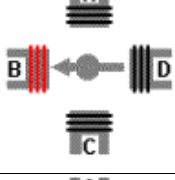
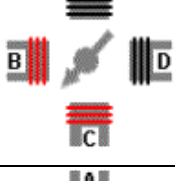
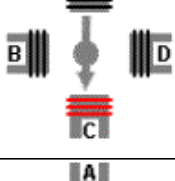
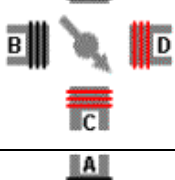
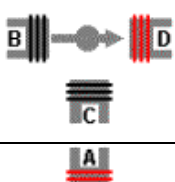
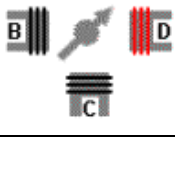
Secuencia de paso completo básica: Consiste en activar cada una de las bobinas de forma independiente, lo que provoca que el eje del motor se oriente hacia la bobina activa. En algunos motores esto brinda un funcionamiento más suave. La contrapartida es que al estar solo una bobina activada el par de paso y de retención es menor.

Tabla 2.12: SECUENCIA DE PASO COMPLETO

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina C	
1	ON	OFF	OFF	OFF	
2	OFF	ON	OFF	OFF	
3	OFF	OFF	ON	OFF	
4	OFF	OFF	OFF	ON	

Secuencia de medio paso: Si se combinan las secuencias anteriores, el resultado que se obtiene es un paso más corto (de hecho, es la mitad del paso generado en las anteriores) y se sitúa el motor en todas las posiciones de las mismas. Para ello se activan primero 2 bobinas y luego sólo 1, y así sucesivamente. Como vemos en la tabla, la secuencia completa consta de 8 movimientos en lugar de 4.

Tabla 2.13: SECUENCIA DE MEDIO PASO

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina C	
1	ON	OFF	OFF	OFF	
2	ON	ON	OFF	OFF	
3	OFF	ON	OFF	OFF	
4	OFF	ON	ON	ON	
5	OFF	OFF	ON	OFF	
6	OFF	OFF	ON	ON	
7	OFF	OFF	OFF	ON	
8	ON	OFF	OFF	ON	

2.12.2 Secuencia para manejar motores paso a paso bipolares.

Cada inversión de la polaridad provoca un movimiento del eje en un paso, cuyo sentido de giro está determinado por la secuencia siguiente:

A continuación se puede ver la tabla con la secuencia necesaria para controlar motores paso a paso bipolares:

Tabla 2.14: SECUENCIA PARA MANEJAR MOTORES P-P BIPOLARES

Paso	A	B	C	D
1	+V	-V	+V	-V
2	-V	+V	+V	-V
3	-V	+V	-V	+V
4	+V	-V	-V	+V

2.12.3 Características comunes de los motores P-P

- **Voltaje:** éste se halla directamente impreso sobre la unidad o se especifica en su hoja de características. A veces es preciso exceder el voltaje nominal para obtener el par deseado, pero ello contribuye a un mayor calentamiento e incluso al acortamiento de la vida del motor.
- **Resistencia:** La resistencia por bobina determina la corriente del estator y, por tanto, afecta a la curva característica del par y a la velocidad máxima.
- **Resolución:** El ángulo girado en cada paso es el factor más importante de un motor P-P a efectos de una aplicación dada. La operación de medio paso dobla el número de pasos por revolución. Números grados/paso habituales son: 0.72, 1.8, 3.6, 7.5, 15 e, incluso, 90.

2.13 Maquina de estados

En LabVIEW se puede usar maquinas de estados como un método rápido para el desarrollo e implementación de algoritmos.

Las maquinas de estados se pueden aplicar a los problemas en los que haya que responder ante determinadas condiciones. Los usos típicos para este sistema son en aplicaciones de medidas, test, y control, que además son uno de los campos donde más se utiliza LabVIEW. También se puede aplicar

a sistemas de comunicación, por ejemplo muchos protocolos pueden definirse como maquina de estados.

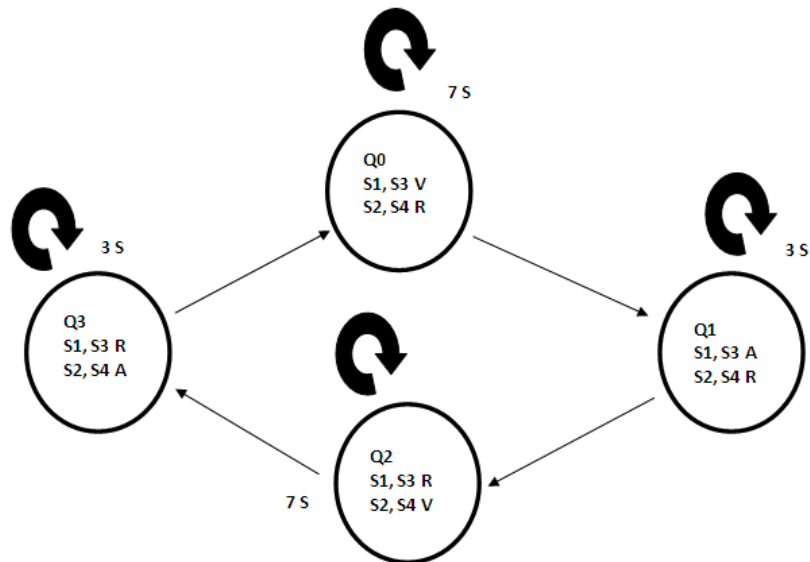


Figura 2.39: Diagrama de estados

El código consta de un bucle WHILE y dentro de él un CASE, el bucle tiene un Shift register por el que circula el siguiente estado al que tiene que pasar la máquina; la acción asociada al estado estará contenida en un sub diagrama correspondiente al CASE y también la decisión del siguiente estado al que debe pasar la máquina.

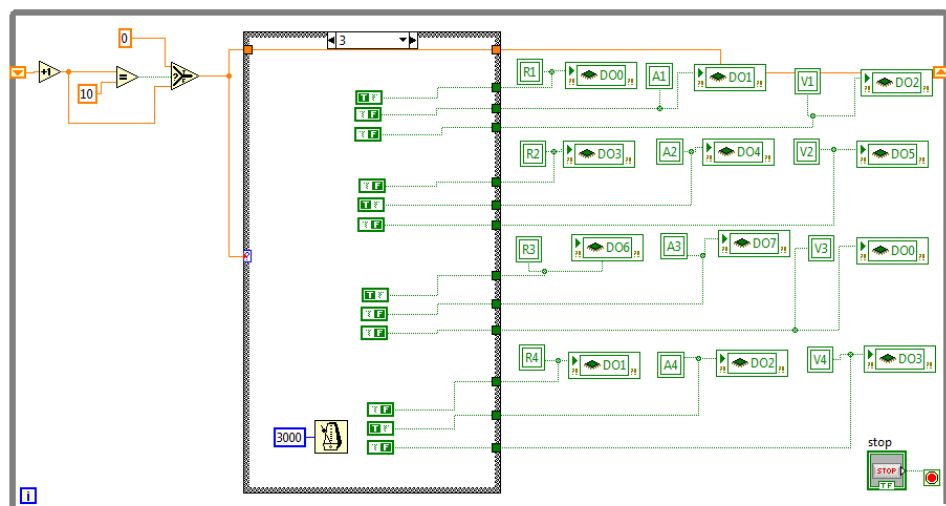


Figura 2.40: Diagrama de bloques de una máquina de estados

2.14 Control PWM

La modulación por ancho de pulso (pulse width modulation: PWM) es un tipo de control que se puede utilizar para el control de motores eléctricos de corriente continua. Se podría utilizarlo para controlar la velocidad de un pequeño motor eléctrico.

2.14.1 Funcionamiento del PWM

Los parámetros fundamentales del PWM son el periodo (T) y el ciclo de trabajo (D). El ciclo de trabajo indica el tiempo que la función vale uno respecto al tiempo total (el periodo). La figura muestra tres ciclos de trabajo distintos. Observa que el periodo del PWM se mantiene constante, y lo que cambia es el tiempo en que la señal se mantiene a uno respecto al periodo total.

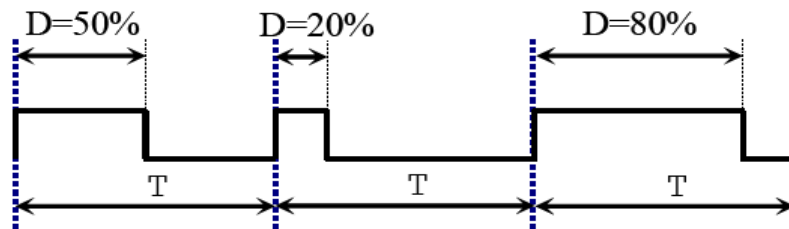


Figura 2.41: Señal PWM que se le ha cambiado el ciclo de trabajo

Si el periodo del PWM es suficientemente pequeño, el dispositivo que está gobernado (por ejemplo, el motor) no notará las variaciones de la tensión y el resultado es que el motor recibirá una corriente promedio dada por el ciclo de trabajo. La figura muestra dos PWM con ciclos de trabajo distintos.

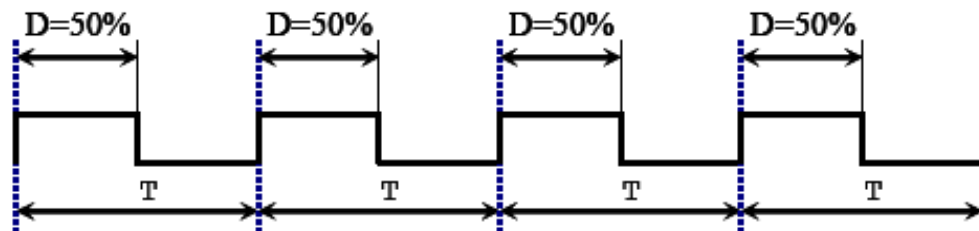


Figura 2.42: Control de velocidad con el PWM al 50%

Equivale a una tensión continua del 50% de la nominal: el motor irá a un 50% de la velocidad máxima.

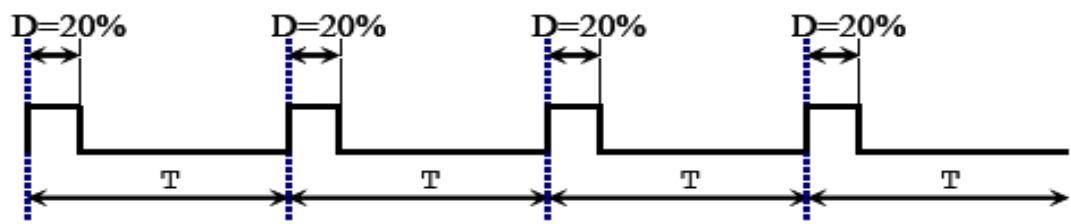


Figura 2.43: Control de velocidad con el PWM al 20%

Equivale a una tensión continua del 20% de la nominal: el motor irá a un 20% de la velocidad máxima.

CAPÍTULO III

3 DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN Y MONITOREO CON SEÑALES DIGITALES

3.1 Elaboración del programa de medición y monitoreo.

Para la elaboración del programa que nos servirá para la medición y monitoreo con señales digitales debemos configurar una interfaz de comunicación entre la PC y el módulo NI CompactRIO, utilizaremos el software de entorno gráfico LabVIEW 9.0 versión 2009 edición profesional compatible con Windows.

3.1.1 Instalación del software LabVIEW 9.0 versión 2009

CompactRIO es programado usando el software NI LabVIEW entorno de programación gráfica. Debido a que CompactRIO es un sistema distribuido en tiempo real. CompactRIO también requiere que el controlador NI-RIO para ser instalado en la PC de desarrollo para apoyar los diversos controladores CompactRIO en tiempo real, chasis reconfigurable y módulos de la Serie C.

Cada uno de estos componentes de software, se instalará mediante la plataforma de LabVIEW DVD, siguiendo las respectivas instrucciones. Aceptar el acuerdo de licencia y cuando la instalación finalice, se le tiene todo el software necesario instalado en nuestra PC de desarrollo para crear aplicaciones CompactRIO.

Finalizada la misma, se ejecuta el programa donde aparecerán las ventanas de presentación e inicio.



Figura 3.1: Pantalla de presentación LabVIEW 2009



Figura 3.2: Pantalla principal LabVIEW 2009

3.1.2 Instalación del controlador o driver NI CompactRIO

El primer paso en la configuración del sistema CompactRIO fue la instalación de NI LabVIEW. Además es necesaria la instalación del controlador o driver NI-RIO *Measurement & Automation Explorer* en la PC de desarrollo.



Figura 3.3: NI-RIO Measurement & Automation Explorer

3.1.3 Configuración de la interfaz de comunicación entre la PC Y el módulo NI CompactRIO **9074**

Para comenzar a configurar las opciones de software en el sistema CompactRIO. Se dará instrucciones paso a paso en lo siguiente:

1. En el Panel de control de Windows, abrir **Conexiones de red** y hacer doble clic en **Conexión de área local**.

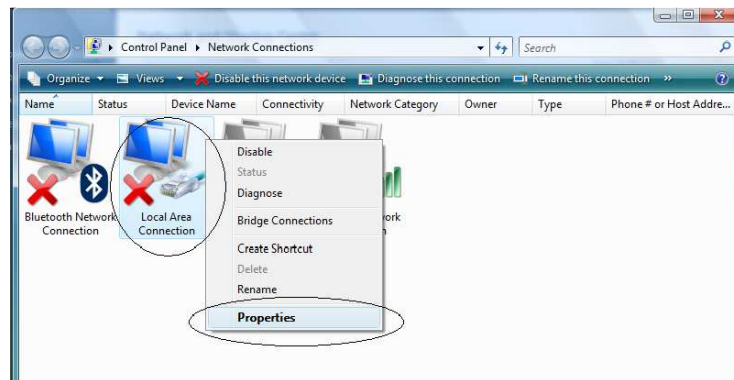


Figura 3.4: Configuración CompactRIO-PC

2. En la ficha **General**, hacer clic en **Propiedades**. La **Conexión de área local** cuadro de diálogo se muestra **Propiedades**.
3. Seleccionar **Protocolo Internet (TCP / IP)** y hacer clic en **Propiedades**. El **Protocolo de Internet (TCP / IP)** cuadro de diálogo.
4. Introducir los siguientes datos:

IP address: 192-168-0-20

Default Gateway: 255-255-255-0

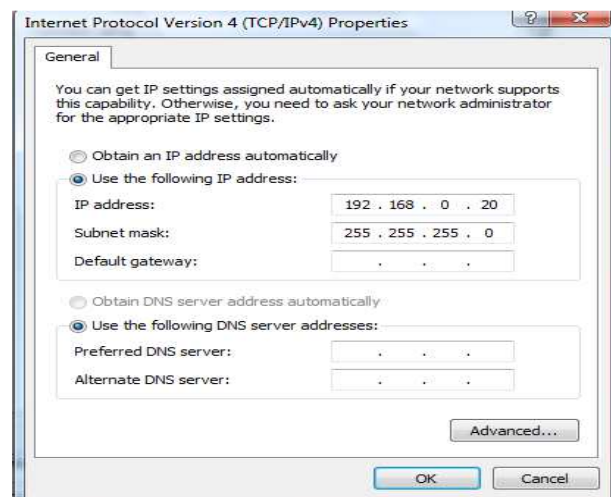


Figura 3.5: Configuración dirección IP

5. Hacer clic en Ok, en Aceptar y cerrar cada uno de los ajustes de red de Windows.

3.1.4 Diseño de aplicaciones SCADA con LabVIEW.

Las aplicaciones SCADA con LabVIEW que van a ser cargados en el CompactRio, deben estar realizados en modo Empty Project y siguiendo los siguientes pasos.

- a. Abrir LabVIEW 2009

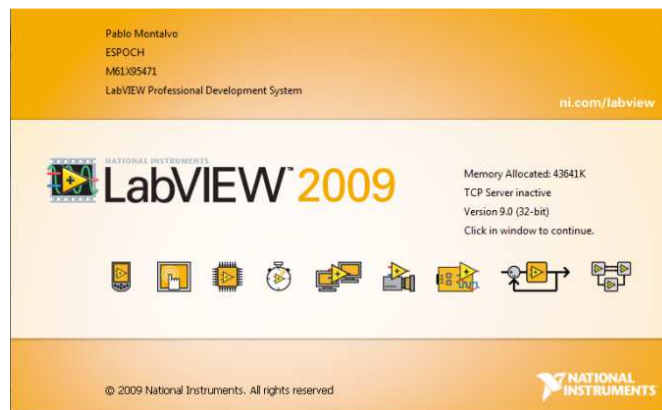


Figura 3.6: Interface CompactRIO-PC (paso 1)

- b. En la ventana de inicio de LabVIEW seleccionar empty project.

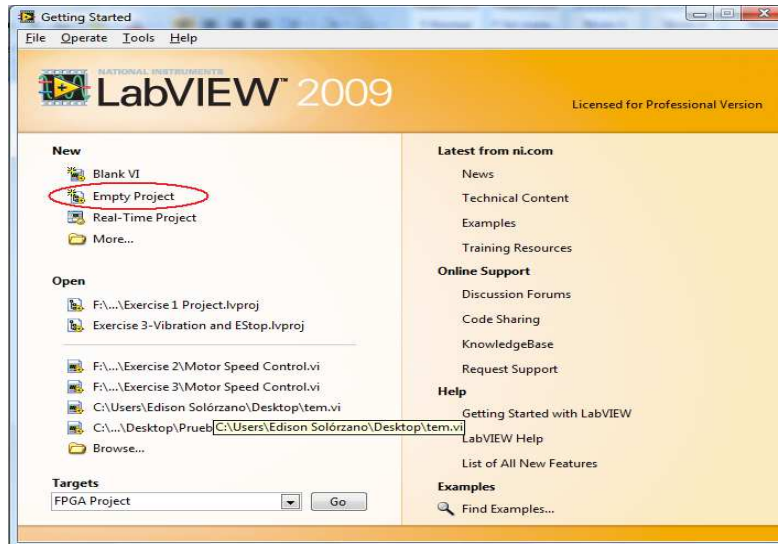


Figura 3.7: Interface CompactRIO-PC (paso 2)

- c. Dar click derecho en Project: Untitled Project – New – Targets and Devices.

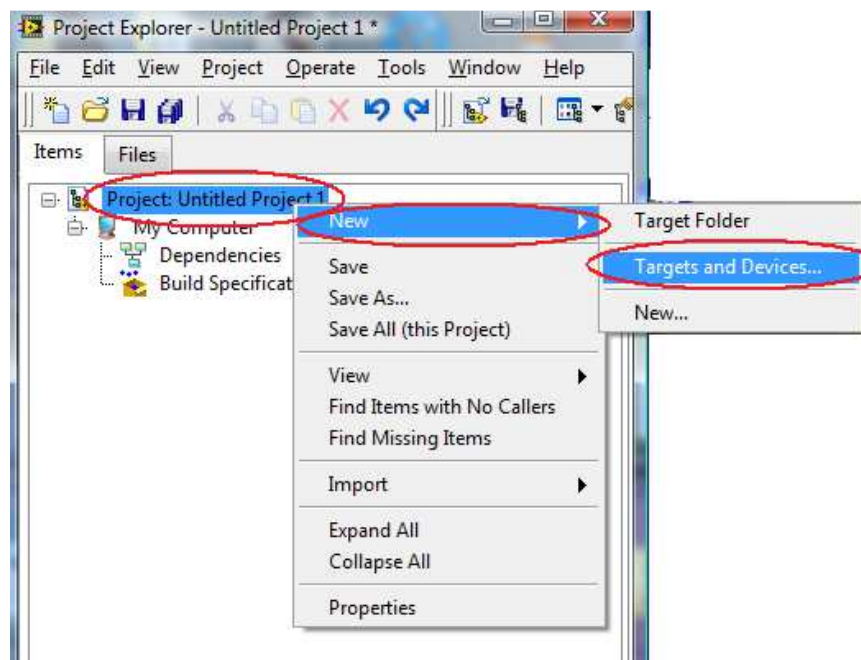


Figura 3.8: Interface CompactRIO-PC (paso 3)

- d. Añadir el CompactRio al proyecto y dar clip en OK.

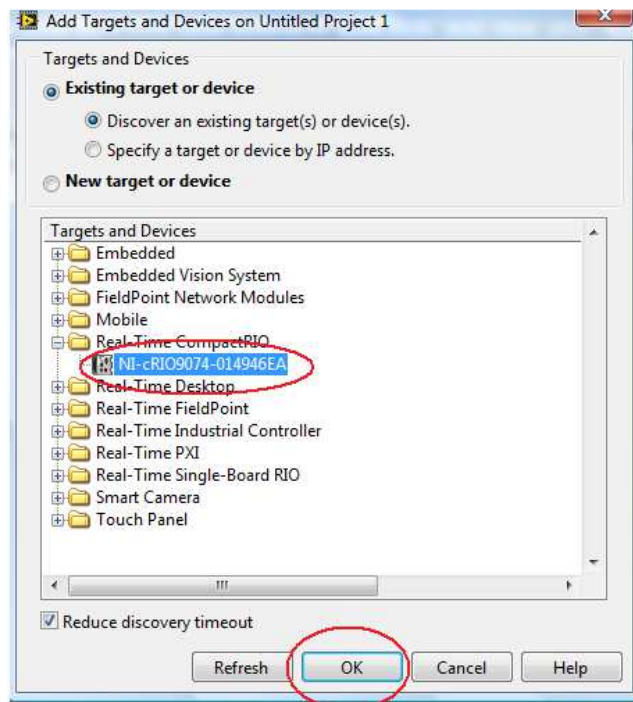


Figura 3.9: Interface CompactRIO-PC (paso 4)

- e. En el cuadro de dialogo seleccionar opción de Scan Interface y dar clic en continuar.

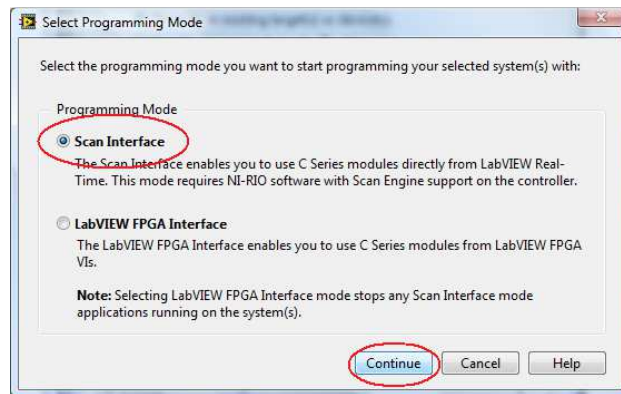


Figura 3.10: Interface CompactRIO-PC (paso 5)

- f. De este modo obtenemos el proyecto integrado con el CompactRio y se muestra cargado con los módulos de la serie C con los que se podrá seleccionar las entradas y salidas digitales que son necesarios para la programación.

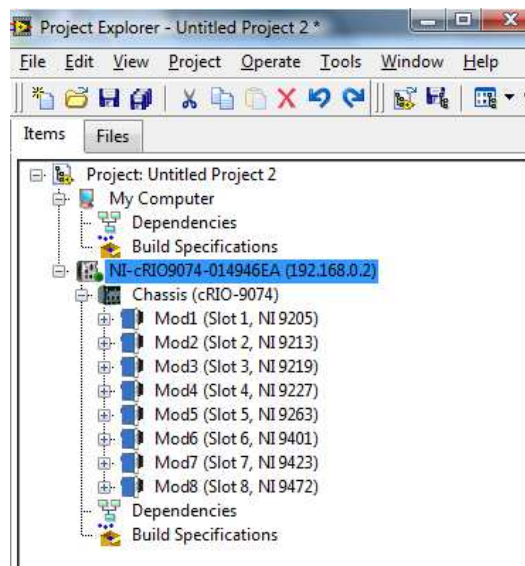


Figura 3.11: Interface CompactRIO-PC (paso 6)

3.2 Montaje de equipos y sensores.

El montaje de equipos y sensores lo efectuaremos de conformidad con lo establecido en la realización de la práctica demostrativa de control, medición y monitoreo con señales digitales.

A continuación enumeraremos los distintos elementos que se utilizarán en el presente sistema de control, medición y monitoreo con señales digitales:

- Chasis NI CompactRIO 9074.
- Fuente de alimentación NI PS-15, de 5A, 24VDC.
- Módulos NI 9472, NI 9474, NI 9423, NI 9421, NI 9401, NI 9205.
- Motor paso a paso.
- Sensores opto reflexivos QRD 114.
- Sensor de luz o celda fotoconductiva LDR.
- Finales de carrera.
- Placa electrónica.

3.2.1 Instalación de módulos de la serie C en el chasis NI CompactRIO 9074

El chasis del *NI cRIO-9074* está diseñado para abarcar 8 módulos, los mismos que son fáciles de insertar.



Figura 3.12: Instalación de módulos de la serie C en el chasis NI CompactRIO 9074

1. Asegurar que el lado I/O de la fuente no esté conectado al módulo. Debido a que los módulos de la Serie C son intercambiables en caliente, si el sistema está en un lugar no peligroso, la fuerza del chasis puede estar encendido al instalar los módulos.
2. Alinear el módulo de la Serie C con una ranura de módulo en el chasis. Las ranuras de módulo están etiquetados del 1 al 8 de izquierda a derecha.

3. Apretar los pestillos e insertar el módulo en la ranura del módulo.
4. Presionar firmemente en el lado del conector del módulo de la Serie C hasta que los pestillos de bloqueo del módulo en su lugar.
5. Repetir estos pasos para instalar otros módulos E / S.



Figura 3.13: Módulos de la serie C en el chasis NI CompactRIO 9074

Conexión del CompactRIO a la fuente de alimentación NI PS-15 de 24VDC y a la PC mediante cable de red a través de conector externo RJ-45.



Figura 3.14: Conexión CompactRIO-PC

3.3 Montale del circuito electrónico

Para el desarrollo de la práctica se requerido de una placa electrónica en la cual están montados varios componentes electrónicos tales como transistores, resistencias, molex y diodos. El objetivo de utilizar esta placa electrónica es modificar las diferentes señales tanto de entrada y salida al CompactRIO para una adecuada interfaz con el sistema.

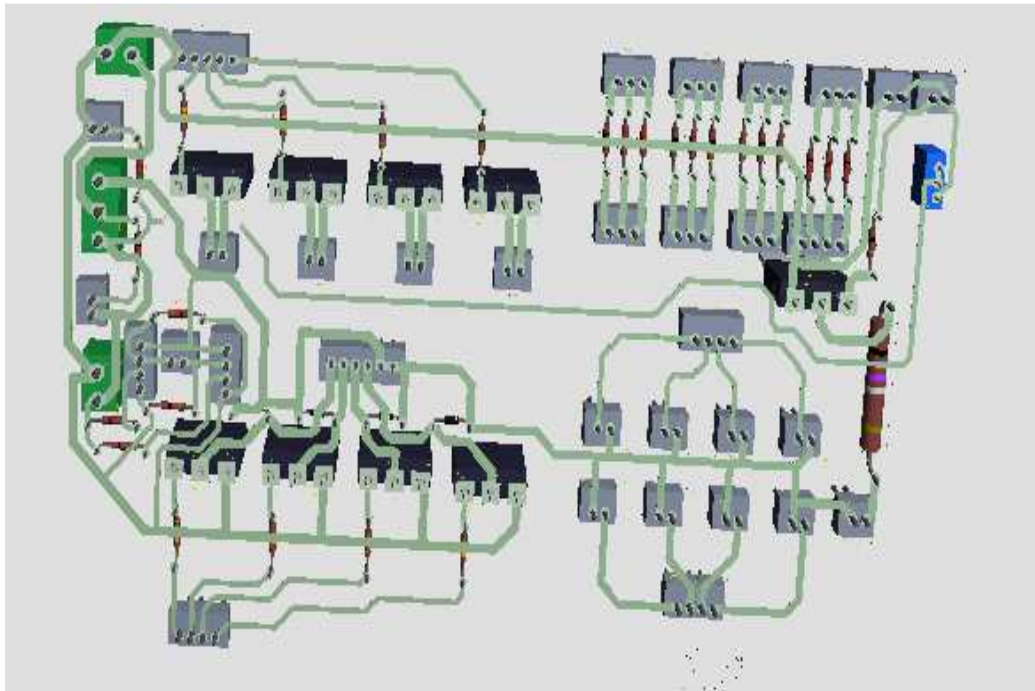


Figura 3.15: Circuito electrónico

Se utilizó una fuente de alimentación encargada de transformar la corriente de la red eléctrica con una tensión de 120 voltios a una corriente con una tensión de 5 y 12 voltios necesarios para el sistema del proyecto

3.4 Control de tráfico vehicular a escala

Para la demostración del presente proyecto realizaremos una representación del control de tráfico vehicular a escala, el mismo que constara de un sistema automático de semáforos para un cruce de cuatro vías, el control de la circulación de carros en las pistas, el control del tráfico con prioridad al peatón, el control de tráfico con prioridad a un vehículo de emergencia y el control del alumbrado de las pistas.

3.4.1 Control del semáforo

Para el sistema automático de semáforos para un cruce de cuatro vías utilizaremos los módulos de salida de señales digitales: NI 9472 utilizamos todos los canales y NI 9474 utilizamos cuatro canales. El modo de voltaje de los canales deben estar con un rango de salida de 0 y 5 voltios. Para la alimentación de las tarjetas se requiere de una fuente de alimentación de 5 voltios.

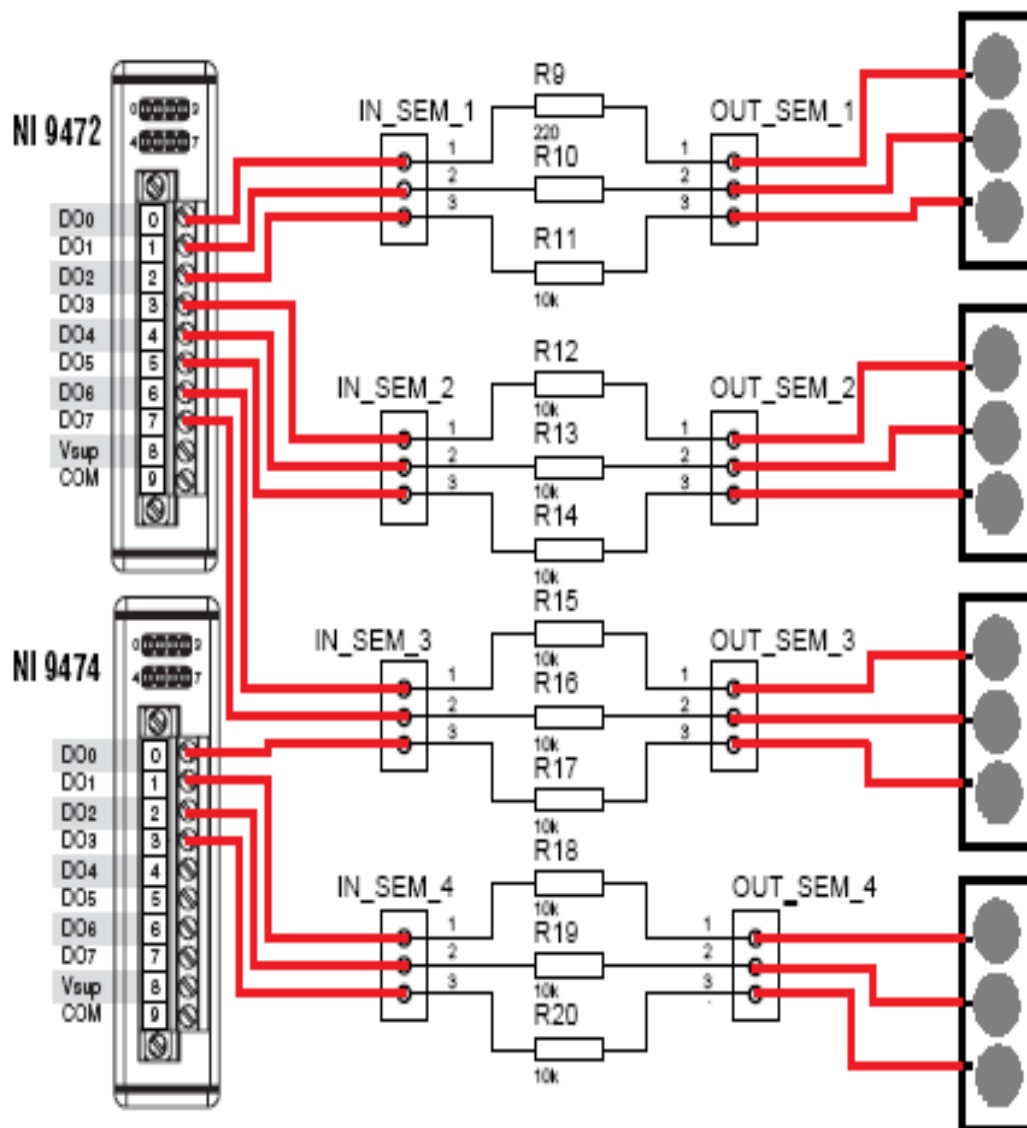


Figura 3.16: Conexión módulos de salidas digitales-semáforos.

3.4.2 Control de velocidad PWM para motores C.C (Carros).

Para controlar la cantidad de energía que se envía a las pistas, se empleó la tarjeta bidireccional NI 9401 y configurada para salidas digitales en modo PWM, de esta manera podemos controlar la velocidad requerida en los carros alimentada con 12 voltios.

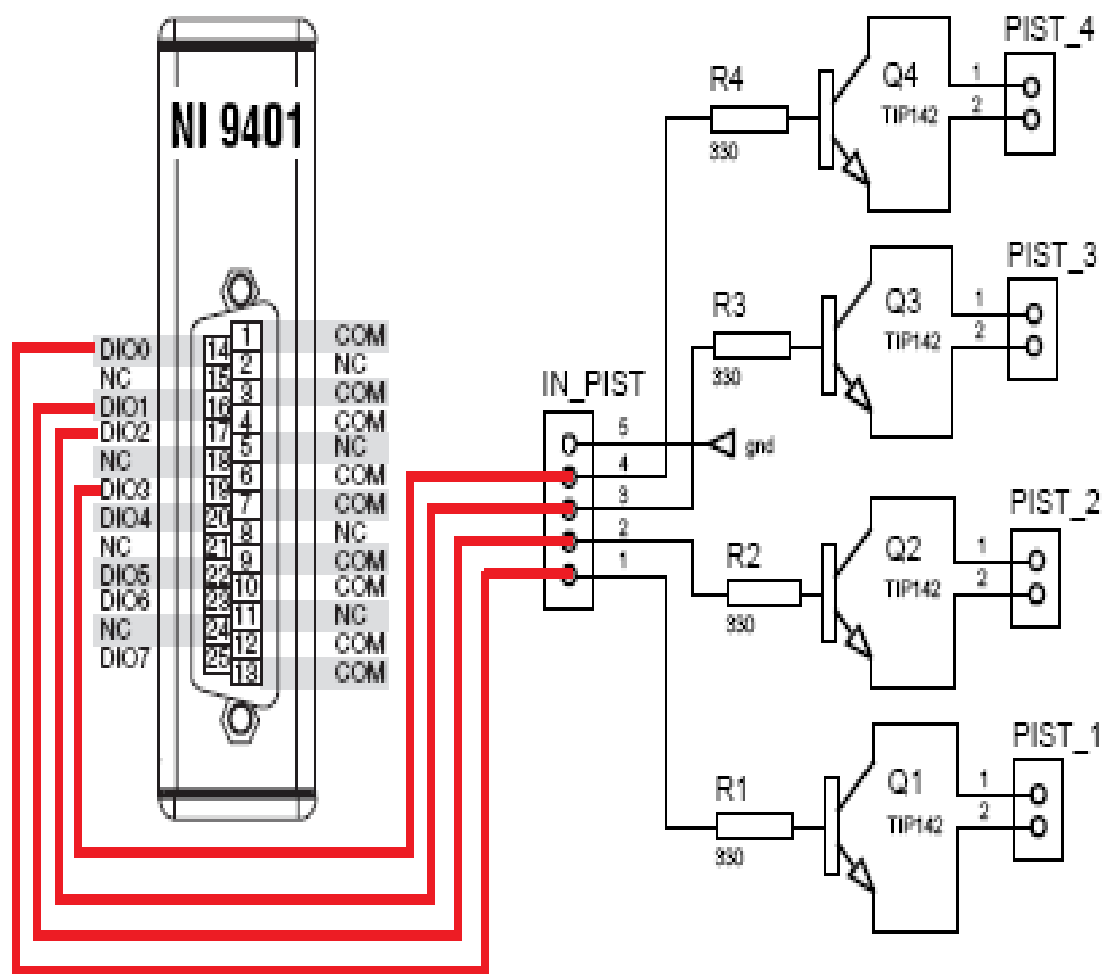


Figura 3.17: Conexión módulo de salidas digitales-pistas.

Este circuito permite alterar la velocidad desde detenido hasta el máximo posible de los motores por medio de un potenciómetro virtual. Gracias a que funciona por modulación de ancho de pulso la fuerza del motor se ve poco afectada incluso a velocidades mínimas.

3.4.3 Control de circulación de los carros con el semáforo

Para gobernar el control de los carros con el semáforo se requiere de entradas digitales de la tarjeta NI 9423 que irán conectados a cuatro finales de carrera los mismos que detienen el paso de corriente a las pistas cuando el semáforo este en luz roja. De la misma manera se empleo cuatro finales de carrera que darán prioridad al paso de un vehículo de emergencia.

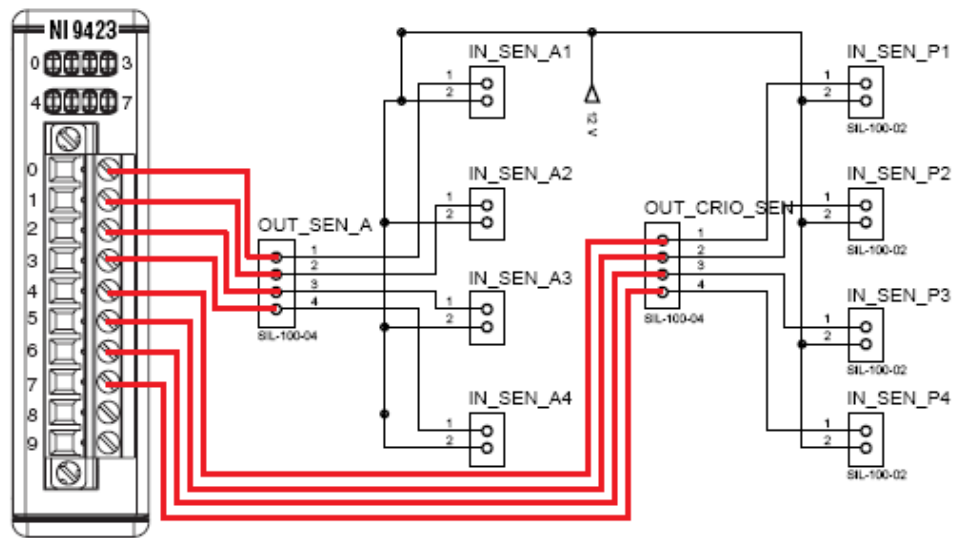


Figura 3.18: Conexión módulo de entradas digitales-finales de carrera.

3.4.4 Control de alumbrado

Para el control del alumbrado de la pista se requiere de una entrada análoga del módulo NI 9205 para conectar el sensor de luz LDR y una salida digital del módulo NI 9401 que ira conectado con los LEDs.

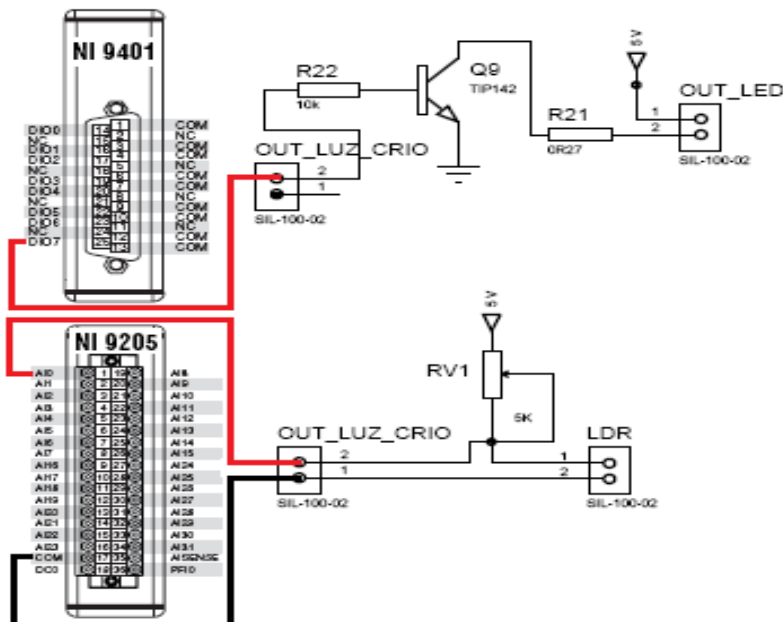


Figura 3.19: Conexión fotocelda y LEDs a los módulos NI

3.4.5 Control de presencia

Para el control de presencia se emplearan los sensores QRD 114 que detectan objetos cercanos en un rango de 0.5 a 1 cm, los cuales están conectados a las entradas digitales del módulo NI 9421.

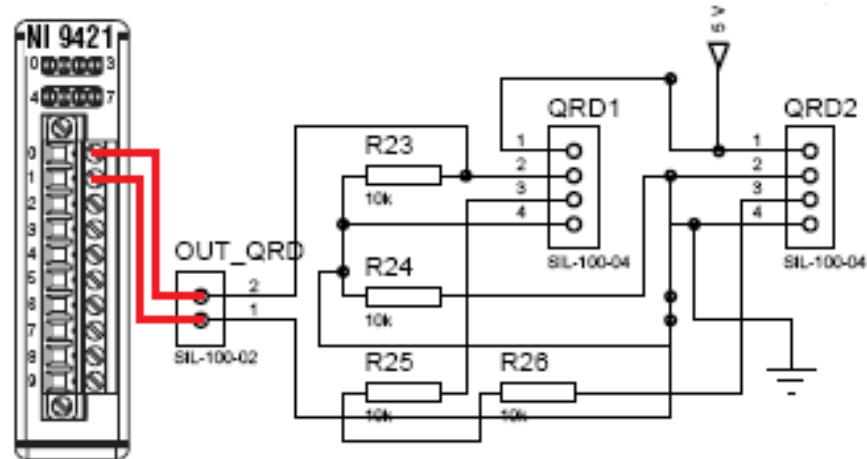


Figura 3.20: Conexión módulo de entradas digitales-sensores QRD

3.5 Control de un motor paso a paso

Para el control del motor paso a paso utilizaremos cuatro salidas digitales del módulo NI 9401 con el cual podremos manipular la velocidad y sentido de giro.

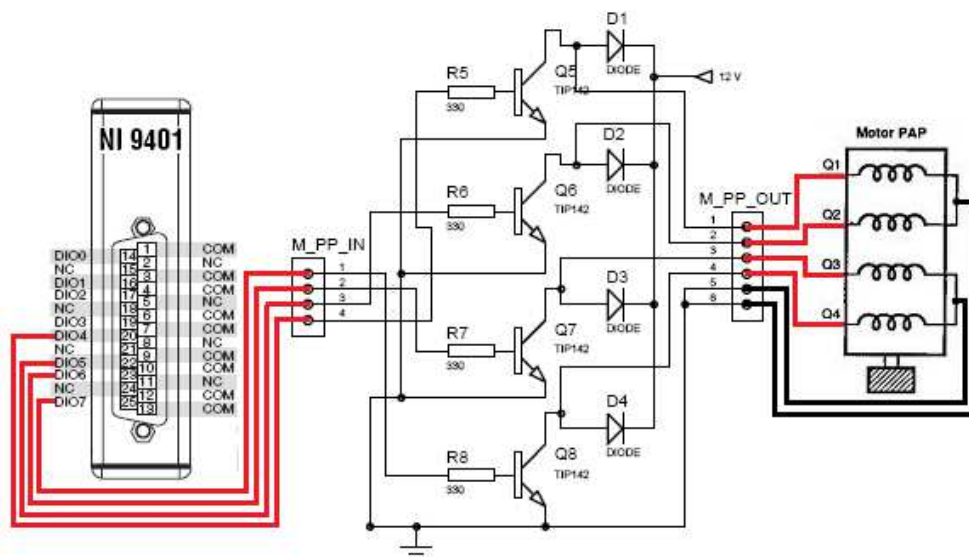


Figura 3.21: Conexión módulo de salidas digitales-motor P-P

3.6 Desarrollo de los programas en LabVIEW

A continuación se presenta el panel frontal y el código de programación en el diagrama de bloques a los cuales se integran cuatro programas con herramientas de programación, botones, indicadores y controles.

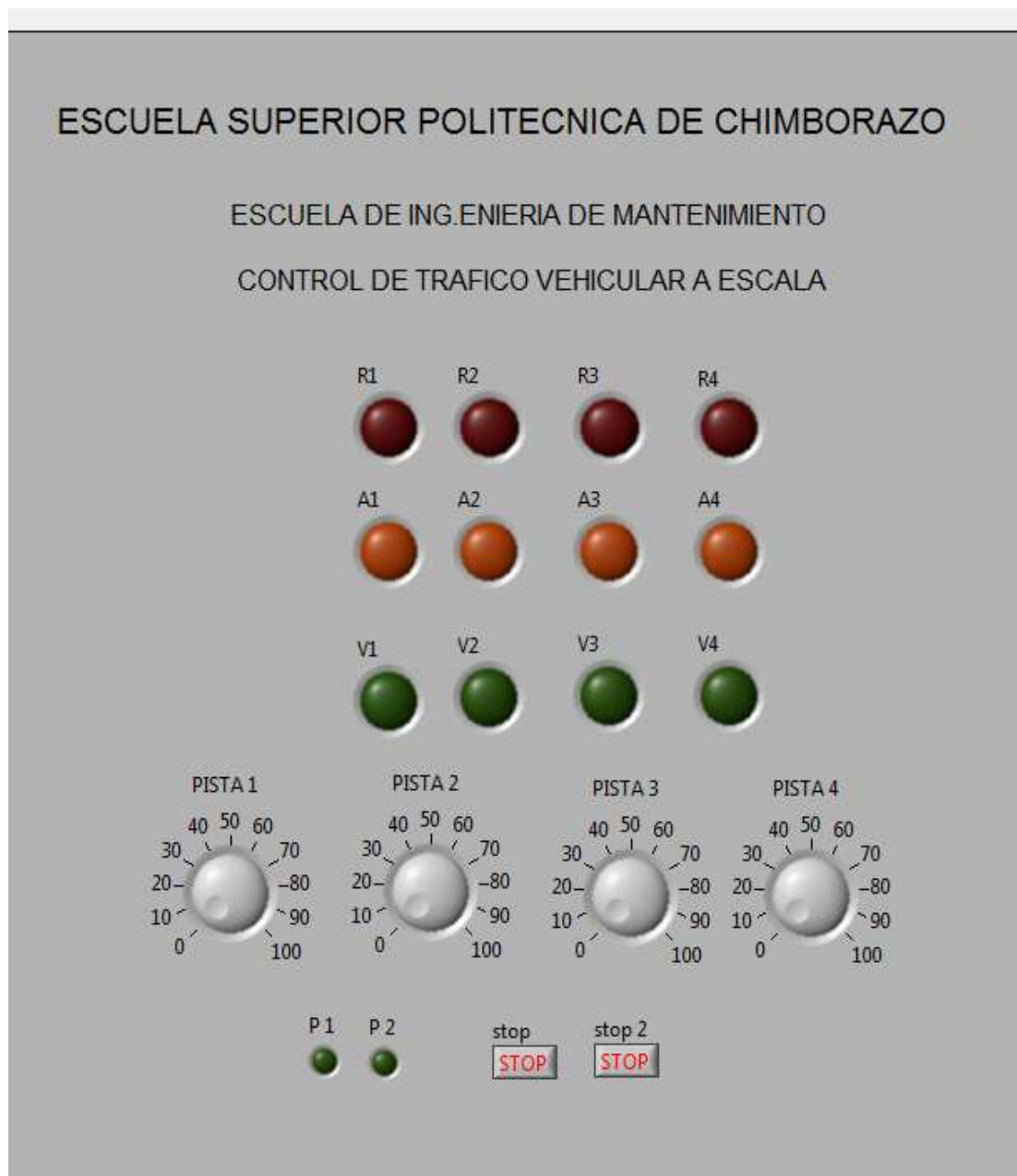


Figura 3.22: Panel frontal control de tráfico vehicular a escala

En las siguientes figuras se muestra el diseño de programación del control del semáforo, control de las pistas, control de presencia y de vehículos de emergencia. Así también se realiza el enlace de todas las anteriores para que de forma automática y sincronizada se detengan los carros en luz roja del semáforo, cuando exista la presencia de una persona, y que el semáforo se ponga en luz verde cuando se detecte la presencia de un vehículo de emergencia ya que la memoria del CompactRIO envía señales de entrada y salida digitales y realiza lo que le ordena el programa desarrollado en LabVIEW. Además se realizó el programa para el control de velocidad y sentido de giro de un motor paso a paso.



Figura 3.23: Panel frontal control de motor P-P

3.6.1 Sistema automático de semáforos

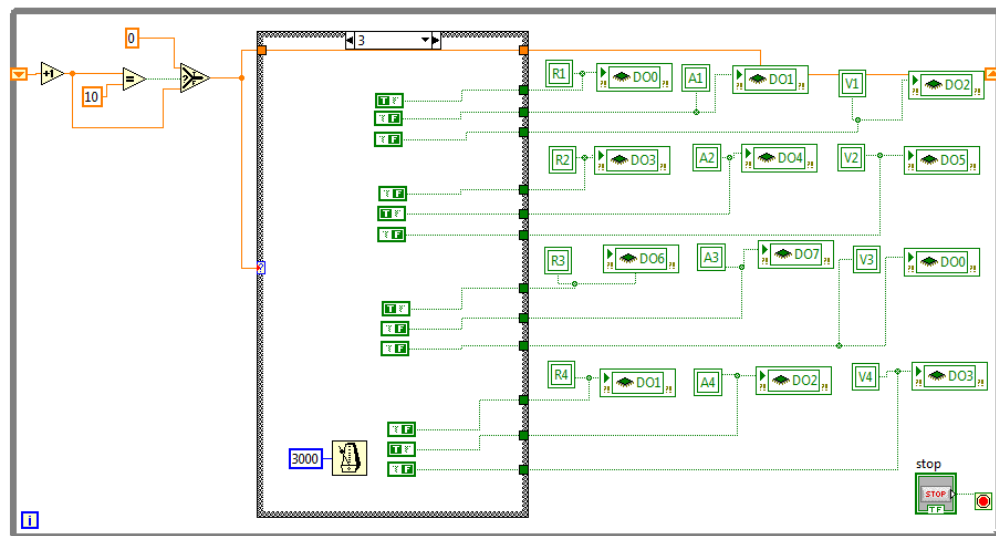


Figura 3.24: Diagrama de bloques del semáforo

3.6.2 Control de velocidad PWM para motores C.C (carros) en sincronización con el semáforo

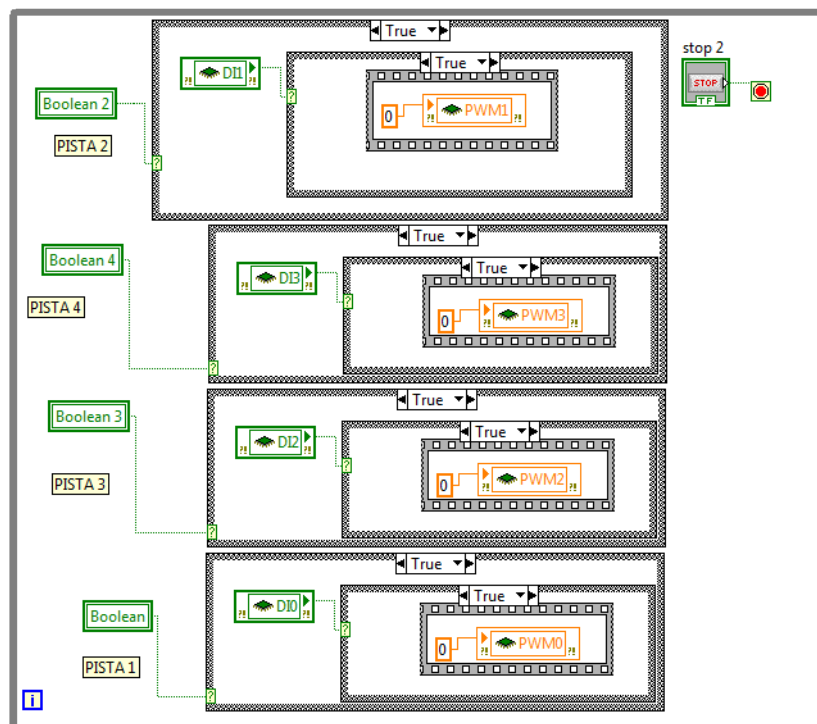


Figura 3.25: Diagrama de bloques del control PWM de velocidad motores C.C

3.6.3 Control de alumbrado

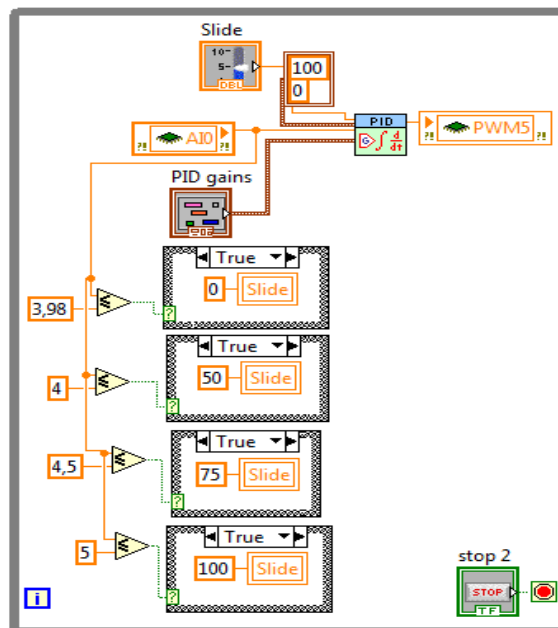


Figura 3.26: Diagrama de bloques del control PID de alumbrado

3.6.4 Control de semáforo con los sensores de presencia y finales de carrera



Figura 3.27: Control de semáforo con sensores de presencia y finales de carrera.

3.6.5 Control del motor paso a paso.

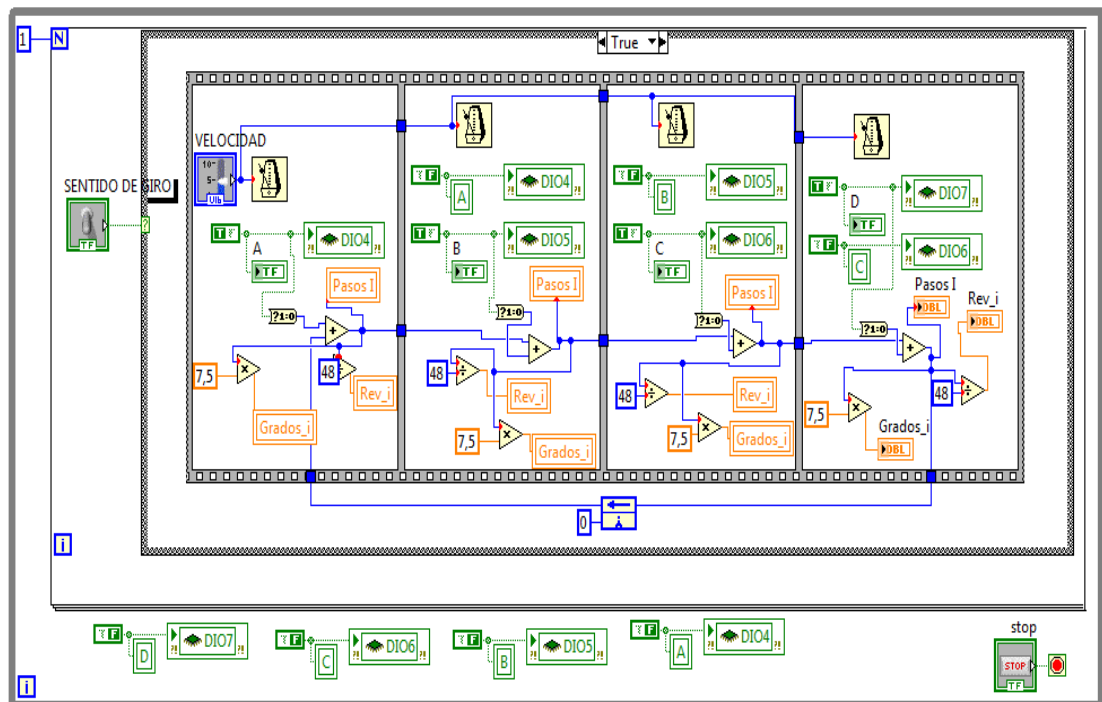


Figura 3.28: Control de motor P-P

CAPÍTULO IV

4 MANUAL Y GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

4.1 Elaboración de guía de prácticas

En este capítulo damos a conocer brevemente las pautas para una correcta utilización del sistema CompactRIO, los módulos de señales digitales y las aplicaciones en las que pueden ser utilizados.

4.2 Práctica 1: Control de tráfico vehicular a escala

Tema: Control de tráfico vehicular a escala.

Objetivo General.-

- Controlar el tráfico vehicular a escala en una maqueta mediante LabVIEW para mantener una circulación sincronizada de vehículos sin que se produzca un choque de los carros.

Objetivos Específicos.-

- Controlar el funcionamiento de un sistema automático de semáforos para un cruce de cuatro vías.
- Desarrollar un control PWM de velocidad de motores C.C para controlar la parada de los carros frente a una luz roja y el arranque de los mismos frente a una luz verde.
- Controlar el funcionamiento del semáforo dando prioridad a un peatón cuando se detecte una presencia.
- Controlar el funcionamiento del semáforo dando prioridad a los vehículos de emergencia cuando se detecte el paso de los mismos por cualquier vía.
- Realizar un control del alumbrado.

Marco teórico.

Para controlar el tráfico vehicular a escala en una maqueta mediante LabVIEW y para mantener una circulación sincronizada de vehículos sin que se produzca un choque de los carros, se sugiere a los estudiantes realizar consultas de los siguientes temas:

- Motores de corriente continua y su principio básico de funcionamiento.
- Control PWM y su principio básico de funcionamiento.
- Control del alumbrado.
- **Funcionamiento del Sistema automático de semáforos.**

Para diseñar un sistema automático de semáforos para el cruce de cuatro vías debemos tener en cuenta el funcionamiento del mismo que para nuestro caso es el siguiente:

Tenemos cuatro semáforos. El semáforo 1 funciona en paralelo con el semáforo 3 y el semáforo 2 con el semáforo 4; la secuencia para los semáforos se muestra en la siguiente tabla:

Tabla: 4.1: ESTADOS DE LOS SEMÁFOROS

ESTADOS	TIEMPO (ms)	SEMÁFOROS 1 Y 3			SEMÁFOROS 2 Y 4		
		R	A	V	R	A	V
Q0	7000	1	0	0	0	0	1
Q1	3000	1	0	0	0	1	1
Q2	7000	0	0	1	1	0	0
Q3	3000	0	1	1	1	0	0

Para la solución de este sistema se debe comenzar definiendo los estados, para este sistema se cuenta con cuatro estados: Q0, Q1, Q2 y Q3. En el estado 1 “Q0” los semáforos 1 y 3 se encuentran en rojo, mientras que los semáforos 2 y 4 se encuentran en verde, durante un tiempo de 7000 ms; en el estado 2 “Q1” los semáforos 1 y 3 siguen manteniéndose en rojo, mientras que los semáforos 2 y 4 se encuentran en verde y amarillo, durante un tiempo de 3000 ms; en el estado 3 “Q2” los semáforos 1 y 3 se encuentran en verde, los semáforos 2 y 4 se encuentran en rojo, durante un tiempo de 7000 ms, en

el estado 4 “Q3” los semáforos 1 y 3 se encuentran en verde y amarillo, mientras que los semáforos 2 y 4 siguen manteniéndose en rojo.

- **Control de parada de los carros frente a una luz roja y el arranque de los mismos frente a una luz verde con control PWM de velocidad para motores CC.**

El control PWM es utilizado en esta parte de la práctica para controlar y proveer un voltaje variable de corriente continua a las cuatro pistas que comprenden nuestro sistema y por medio del contacto de las mallas metálicas de los carros con estas se transmite la energía necesaria para hacer trabajar los motores de C.C de los carros, el funcionamiento depende del estado del semáforo y la emisión de la señal enviada desde los finales de carrera ubicados a un costado de cada una de las pistas, se muestra en detalle en la siguiente tabla:

Tabla 4.2: FUNCIONAMIENTO DE LAS PISTAS CON LOS SEMÁFOROS

SEMÁFOROS	LUZ	SENSORES 1 Y 3	PISTAS 1 Y 3
SEM 1 Y 3	ROJO	1	0
	VERDE	0	1
SEMÁFOROS	LUZ	SENSORES 2 Y 4	PISTAS 2 Y 4
SEM 2 Y 4	ROJO	1	0
	VERDE	0	1

Cuando en cualquiera de las cuatro pistas de nuestro sistema se encuentre el semáforo en luz verde, habrá también paso de corriente a las pistas y por ende los carros circularan, cuando el semáforo cambie de estado a luz roja el final de carrera se activara y al pasar el carro junto a este lo sensorará y éste a su vez hace que el paso de corriente a la pista se corte obligando a que los carros se detengan frente a una luz roja, cuando el semáforo vuelva a cambiar de estado a luz verde el final de carrera se desactiva provocando nuevamente el paso de corriente a la pista y pos consiguiente el arranque de los

carros frente a una luz verde; hay que recordar que el sistema automático de semáforos funciona en paralelo lo que hace también que el paso de corriente a las pistas sea también en paralelo es decir mientras haya circulación de carros en las pistas 1 y 3, en las pista 2 y 4 los carros estarán en reposo y viceversa según se encuentren los semáforos en luz verde o rojo respectivamente.

- **Control del semáforo dando prioridad a un peatón cuando se detecte una presencia.**

En este sistema de control de tráfico vehicular se ha dado prioridad a los peatones, para ello se cuenta con dos sensores de presencia QRD que van a interactuar con nuestro sistema de semáforos automático de la siguiente forma:

Cuando el semáforo esté trabajando normalmente y en armonía con el control de circulación de corriente por las pistas los sensores no detectan ninguna presencia, si el semáforo está en luz verde y se detecta una presencia inmediatamente el semáforo cambia de estado a luz amarilla y luego al estado de luz roja, si por el contrario el semáforo está en luz roja y el sensor detecta una presencia el semáforo seguirá trabajando normalmente; recordemos que el sistema de semáforos está trabajando en paralelo por lo q la activación del sensor QRD1 influye en el funcionamiento de los semáforos 1 y 3, de la misma manera la activación del sensor QRD2 afectará directamente el funcionamiento de los sensores 2 y 4.

- **Control del funcionamiento del semáforo dando prioridad a los vehículos de emergencia cuando se detecte el paso de los mismos por cualquier vía.**

Para dar prioridad al paso de vehículos de emergencia se han ubicado cuatro finales de carrera es decir uno sobre cada una de las pistas y se ha modificado uno de los carros para simular a un vehículo de emergencia, el funcionamiento se describirá a continuación:

Cundo el semáforo funciona normalmente y los finales de carrera no detecten ninguna presencia el semáforo seguirá trabajando normalmente; si al circular un vehículo de emergencia por las pistas 1 o 3 y se activa el final de carrera y los semáforos correspondientes a estas pistas se encuentre en luz roja inmediatamente los semáforos 2 y 4 cambian de estado de luz verde a amarillo y luego a luz roja mientras que los semáforos 1 y 3 cambian de estado a luz verde dando preferencia al paso del vehículo de emergencia por las pistas 1 o 3 según corresponda; si al circular un vehículo de emergencia por las pistas 1 o 4 y se activa el final de carrera y los semáforos correspondientes a estas pistas se encuentre en luz roja inmediatamente los semáforos 1 y 3 cambian de estado de luz verde a amarillo y luego a luz roja mientras que los semáforos 2 y 4 cambian de estado a luz verde dando preferencia al paso del

vehículo de emergencia por las pistas 2 o 4 según corresponda; si al circular el vehículo de emergencia por cualquiera de las pistas y el semáforo correspondiente a esa pista se encuentra en el estado de luz verde, el semáforo seguirá trabajando normalmente dando prioridad al paso del vehículo de emergencia.

- **Control del alumbrado.**

El objetivo principal de la realización del control de alumbrado es tener una regulación automática en la iluminación para esto se necesita un sensor, que determine el estado del sistema en este caso la celda fotoconductiva LDR, un controlador, que genere la señal que gobierna al actuador que en este caso es el sistema CompactRIO y un actuador, que modifique al sistema de manera controlada en este caso serán ocho luces LEDs distribuidos a lo largo de las pistas.

El sensor fotoconductivo LDR proporciona una señal analógica al controlador en nuestro caso el sistema CompactRIO por medio del módulo de entradas análogas NI 9205, la cual representa ese valor en tensión eléctrica.

El controlador lee una señal externa del sensor fotoconductivo LDR que representa el valor o punto de referencia que se desea alcanzar, la cual es de la misma naturaleza y tiene el mismo rango de valores que la señal que proporciona el sensor. El controlador resta la señal de punto actual a la señal de punto de consigna, obteniendo así la señal de error, que determina en cada instante la diferencia que hay entre el valor deseado y el valor medido. La señal de error es utilizada por cada una de las 3 componentes de un controlador para generar las 3 señales que, sumadas, componen la señal que el controlador va a utilizar para gobernar al actuador que en este caso son los LEDs

Materiales y equipos.

- Chasis NI CompactRIO 9074
- Fuente de alimentación NI PS-15, de 5A, 24VDC.
- Módulos NI 9472, NI 9474, NI 9423, NI 9421, NI 9401, NI 9205.
- Sensores opto reflexivos QRD 114
- Sensor de luz o celda fotoconductiva LDR
- Finales de carrera.

- Placa electrónica.
- Pistas de carreras.
- Cable UTP
- Tablero de madera.
- Manguera en espiral.
- Canaletas.
- Multímetro.
- Juego de destornilladores pequeños.

Procedimiento.

- Montar la maqueta de tráfico vehicular a escala
- Montar el sistema CompactRIO y conectarlo a la PC.
- Conectar todas las entradas y salidas de la maqueta a los módulos NI 9472, NI 9474, NI 9423, NI 9421, NI 9401 y NI 9205 como se indica en el capítulo tres.
- Verificar todas las conexiones.
- Abrir el programa realizado en LabVIEW del control de tráfico vehicular.
- Proceder a correr el programa de control de tráfico vehicular escala.
- Comprobar el funcionamiento del programa y la interacción con la maqueta.
- Dar clic en Stop y cerrar el programa en LabVIEW.
- Desconectar todas las fuentes de alimentación.
- Desconectar todos los cables y guardar los equipos.

Monitoreo del tráfico vehicular

En este proyecto se realizó también la generación de reportes por medio del software de entorno gráfico LabVIEW, para lo cual utilizamos cuatro strigs en los que constaran el nombre, un código, numero de proceso y las observaciones realizadas; también consta de una tabla en la que se generarán los reportes del numero de pasos que se han dado, el numero de revoluciones y el ángulo de desplazamiento del motor. Para activar la generación de un reporte se utiliza un booleano.

Generación de reportes

REGISTRO DE POSICION DEL MOTOR

NOMBRE: Operator's CODIGO: 70

PROCESO: 100 OBSERVACION: 20

PASOS	REVOLUCION	GRADOS

REPORTE status: ☒ code: 0

source:

Figura 4.1: Panel frontal generación de reportes

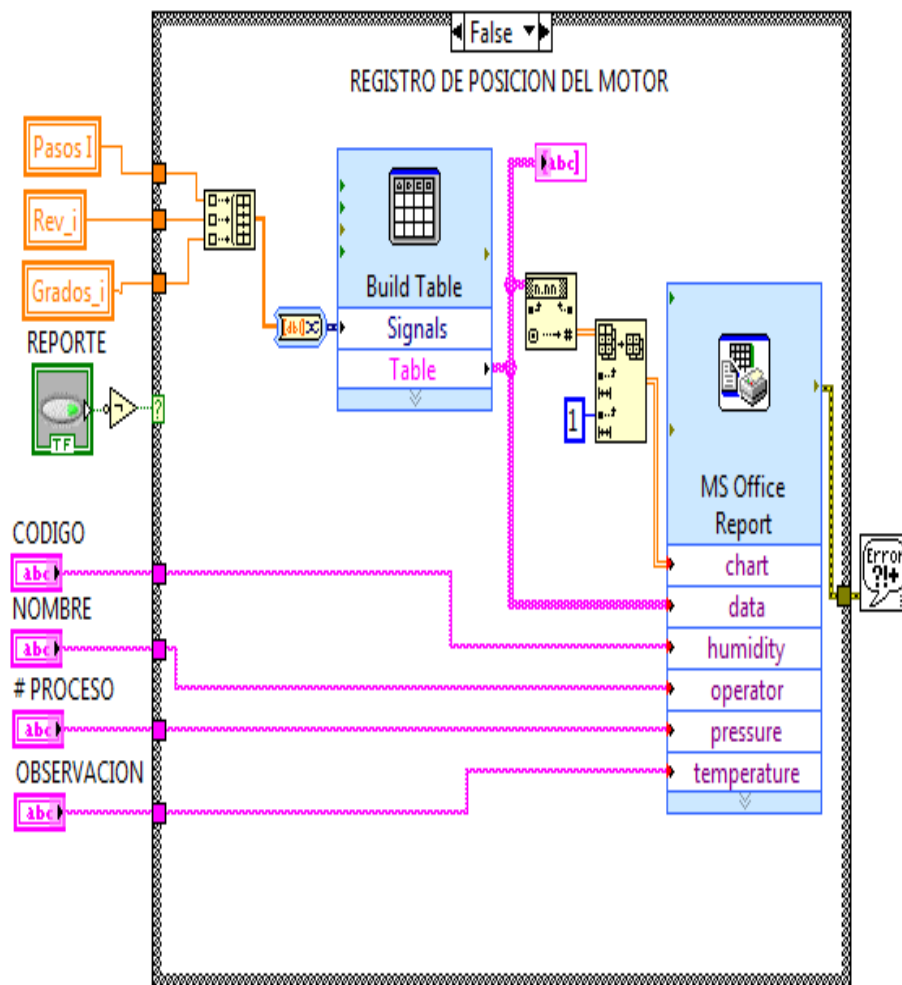


Figura 4.2: Diagrama de bloques generación de reportes

Conclusiones

- Utilizando los módulos de entradas y salidas digitales NI 9472, NI 9474, NI 9423, NI 9421, NI 9401 del sistema CompactRIO y el software de entorno gráfico LabVIEW se controló el funcionamiento de un sistema automático de semáforos para un cruce de cuatro vías.
- El control PWM para controlar el paso de corriente continua a las pistas y por consiguiente a los motores de los carros que gracias a la interacción por medio de los finales de carrera con las luces del semáforo se consiguió la parada de los carros frente a una luz roja y el arranque de los mismos frente a una luz verde, funcionando todo armónicamente.

- Los sensores QRD controlan funcionamiento del semáforo dando prioridad a un peatón cuando se detecte una presencia, esta señal es enviada al sistema CompactRIO y a su vez este envía una señal a los semáforos para hacer el respectivo cambio de estado en las luces.
- Con los finales de carrera obtuvimos el funcionamiento del semáforo dando prioridad al paso de los vehículos de emergencia cuando se detecte la presencia de los mismos por una de las cuatro vías con las que cuenta nuestro sistema vial.
- Se realizó un control de alumbrado que es de uso común por que permite mantener constante la intensidad de la iluminación, de acuerdo a la señal enviada por la celda fotoconductiva LDR al sistema CompactRIO.

Recomendaciones.

- Para la realización de esta práctica se sugiere tener en cuenta la conexión de cada uno de los elementos, tanto de los finales de carrera, los sensores de presencia, los LEDs del semáforo como del sistema de iluminación; a cada una de las respectivas entradas y salidas de los módulos de señales digitales tal como están enunciados en el capítulo tres.
- Tener la respectiva numeración y señalización de cada uno de los cables para evitar confusiones a la hora de realizar las conexiones.
- Tomar en cuenta que existe dos alimentaciones con voltajes de 5 y 12 voltios.

4.3 Práctica 2: Control de un motor paso a paso

Tema: Control de un motor paso a paso.

Objetivo General.-

- Controlar el funcionamiento de un motor paso a paso.

Objetivos Específicos.-

- Establecer la conexión entre el sistema CompactRIO y un motor paso a paso.
- Controlar la velocidad de giro un motor paso a paso.
- Invertir el sentido de giro de un motor paso a paso.

Marco teórico.

Para realizar el control de un motor paso a paso mediante LabVIEW, se sugiere a los estudiantes realizar consultas de los siguientes temas:

El motor paso a paso, es aquel motor cuyas bobinas son alimentadas mediante trenes de pulsos, con una determinada frecuencia que permite:

- Motor paso a paso unipolar y su principio básico de funcionamiento.
- Control de velocidad y sentido de giro de motores paso a paso con LabVIEW.
- Áreas de aplicación de los motores paso a paso.

Funcionamiento

Para conseguir el giro del rotor en un determinado número de grados, las bobinas del estator deben ser excitadas secuencialmente a una frecuencia que determina la velocidad de giro. Las inercias propias del arranque y parada (aumentadas por las fuerzas magnéticas en equilibrio que se dan cuando está parado) impiden que el rotor alcance la velocidad nominal instantáneamente, y por tanto la frecuencia de los pulsos que la fija debe ser aumentada progresivamente.

Las bobinas del estator presenta dos tipos de conexión, bipolar y unipolar respectivamente:

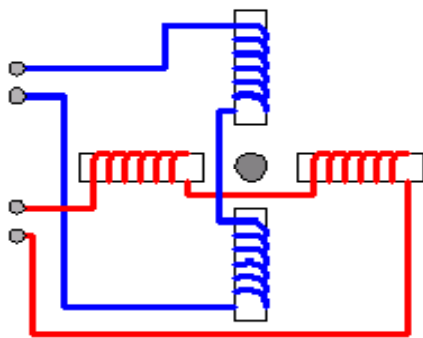


Figura 4.3: Conexión bobinas de un motor P-P unipolar

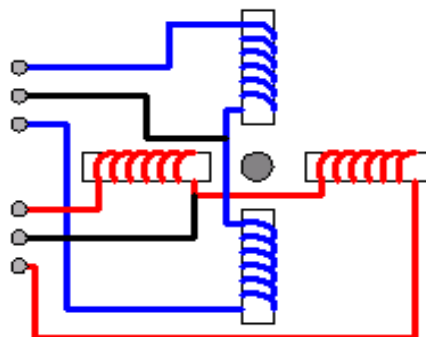


Figura 4.4: Conexión bobinas de un motor P-P bipolar

En la conexión bipolar las bobinas opuestas se conectan en serie. Para lograr las distintas polaridades de campo es necesario invertir los dos terminales de cada bobina.

Esto puede efectuarse utilizando un doble puente H (análogo al usado para alimentar motores de corriente continua). Esta conexión permite el manejo del rotor tanto por pasos completos como medio paso.

En la conexión unipolar puede manejarse cada una de las bobinas individualmente dado que se tiene acceso al punto de unión de las bobinas opuestas. La energización también puede operar pasos completos o medios pasos.

Materiales y equipos.

- Chasis NI CompactRIO 9074
- Fuente de alimentación NI PS-15, de 5A, 24VDC.
- Módulo bidireccional NI 9401.
- Placa electrónica.
- Cable UTP
- Tablero de madera.
- Manguera en espiral.
- Canaletas.
- Multímetro.
- Juego de destornilladores pequeños.

Procedimiento.

- Montar el motor paso a paso a la maqueta.
- Montar el sistema CompactRIO y conectarlo a la PC.
- Conectar el motor paso a paso al módulo NI 9401 como se indica en el capítulo tres.
- Comprobar la secuencia de pasos del motor

- Verificar todas las conexiones.
- Abrir el programa realizado en LabVIEW del control de un motor paso a paso.
- Proceder a correr el programa de control de un motor paso a paso.
- Comprobar el funcionamiento del programa y la interfaz CompactRIO-motor paso a paso.
- Dar clic en Stop y cerrar el programa en LabVIEW.
- Desconectar todas las fuentes de alimentación.
- Desconectar todos los cables y guardar los equipos.

Conclusiones

- Para establecer la conexión entre el sistema CompactRIO y un motor paso a paso se debe tener en cuenta la secuencia de pasos del motor.
- La velocidad de giro un motor paso a paso se logra aumentando o disminuyendo el tiempo entre pulsos a las bobinas, en este caso el tiempo variaremos en el orden de los milisegundos.
- Para invertir el sentido de giro de un motor paso a paso únicamente hay que invertir la secuencia de giro.

Recomendaciones.

- Recordar que el módulo NI 9401 está siendo utilizado también para la práctica número uno, por tanto tener presente que solo debe realizarse una práctica a la vez.
- Se debe establecer una correcta secuencia de pasos del motor para evitar enclavamientos o redundancias.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Debido a las características del sistema embebido de control y adquisición de datos NI compactRIO-9074 de poseer un chasis robusto el cual soporta condiciones ambientales extremas como la temperatura, polvo entre otras, además puede soportar caídas y explosiones sin dejar de transmitir datos resulta ser muy versátil, pues puede albergar ocho módulos de entradas y salidas, analógicas y digitales, que nos permiten automatizar sistemas a gran escala, además los programas se almacenen en su memoria interna para que el proceso siga funcionando incluso cuando la PC no esté conectada.
- El sistema embebido de control y adquisición de datos NI compactRIO-9074 y todos sus módulos de la serie C, resultan ser un sistema seguro ya que cuenta con un software interno propio como sistema operativo que impide que se dañen los programas que gobiernan la transmisión y control de datos ante la presencia de un virus informático.
- Mediante la utilización de LabVIEW se puede realizar la comunicación entre el CompactRIO y una PC, se desarrolló también un panel frontal en LabVIEW, el cual permite el control del sistema de tráfico vehicular a escala y el control de un motor paso a paso.
- La guía de prácticas elaborada en el capítulo cuatro se desarrolló de forma tal que facilita la familiarización con el sistema CompactRIO y el software LabVIEW y su uso en el control automático de tráfico vehicular a escala y el control de velocidad y giro de un motor paso a paso.
- El desarrollo del programa de control de tráfico vehicular a escala y para el control de un motor paso a paso en el software de entorno gráfico LabVIEW; nos ha brindado la oportunidad de aplicar el conocimiento en el campo de la automatización, la electrónica y la electricidad.

5.2 Recomendaciones

- Seguir las instrucciones de los manuales otorgados por el fabricante para configurar la interfaz de comunicación entre el sistema CompactRIO y la PC y sus diferentes parámetros de funcionamiento, así como las características de cada uno de los módulos de la serie C.

- Tomar en consideración que los conectores de los módulos de entradas y salidas analógicas y digitales del CompactRIO estén debidamente ajustadas y aisladas antes de energizar el equipo para evitar posibles cortocircuitos ya que el equipo es demasiado costoso y se debe tener en muy cuenta la seguridad tanto para el equipo como para el usuario.
- Tener un conocimiento previo la utilización del equipo ya que al ser de alta tecnología la noción del hardware y software por parte de los usuarios del CompactRIO resultan ser de vital importancia en las diferentes aplicaciones a las que se lo someta.
- Con la adquisición del CompactRIO para el laboratorio de Mecatrónica de la escuela de Ingeniería de Mantenimiento y la implementación de los módulos utilizados para la demostración se recomienda el uso del mismo por parte de los estudiantes en prácticas de control automático, control industrial, electrónica, en máquinas eléctricas ya que las cinco tesis realizadas con la utilización de este equipo tuvieron diferentes aplicaciones en estas áreas; el estudiante por tanto debe involucrarse en el conocimiento y manipulación de esta nueva tecnología.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ARIAS, A, LabVIEW práctico con aplicaciones, Colombia, 2009, pp: 145-149
- [2] GARCIA, M, LabVIEW, Mecánica aplicada, México, 2007, pp: 18-22
- [3] LAJARA, J, LabVIEW, Entorno gráfico de programación, México, 2007, pp: 181-182
- [4] LÁZARO, M, LabVIEW, Generalización máquina de estados, México, 2007, pp: 37-42
- [5] RODRIGUEZ, F, Manual de Mecánica Industrial, Autómatas y Robótica, España, 2002,
pp: 158-159
- [6] VELÁZQUEZ, P, CIEMAT, Programación gráfica para el control de instrumentación, Madrid, 2002
pp: 141-145

BIBLIOGRAFÍA

ARIAS, A, LabVIEW práctico con aplicaciones, 1ra. ed. Medellín, ITM.

2009.

GARCIA, M, LabVIEW, Mecánica aplicada, 1ra. ed. México, Thomson.

2007.

LAJARA, J, LabVIEW, Entorno gráfico de programación, 1ra. ed. México, Alfaomega S.A.

2007.

LÁZARO, M, LabVIEW, Generalización máquina de estados, 1ra. ed. México, Alfaomega S.A.

2007.

RODRIGUEZ, F, Manual de Mecánica Industrial, Autómatas y Robótica, Madrid, cultural S.A.

2002.

VELÁZQUEZ, P, CIEMAT, Programación gráfica para el control de instrumentación, 1ra. ed. Madrid,

2002

LINKOGRAFÍA

LabVIEW

<http://www.ni.com/labview/esa/>

<http://www.ni.com/labview/whatis/graphical-programming/esa/>

http://www.charterhousesolutions.co.uk/labview_more.htm

CompactRIO 9074

[http:// www.sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/203964](http://www.sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/203964)

Sistemas SCADA

[http:// www.es.wikipedia.org/wiki/SCADA](http://www.es.wikipedia.org/wiki/SCADA)

Álgebra Boelana

[http:// www.usuarios.multimania.es/bnunez/Archivos%20proprios/Digitales/Álgebra_Boole.pdf](http://www.usuarios.multimania.es/bnunez/Archivos%20proprios/Digitales/Álgebra_Boole.pdf)

Instrumentación industrial

[http:// www.sapiens.itgo.com/documents/doc60.htm](http://www.sapiens.itgo.com/documents/doc60.htm)